

1. 서론

1.1 인화점

인화점은 시료를 가열하여 작은 불꽃을 유면에 가까이 대었을 때, 기름의 증기와 공기의 혼합기체가 섬광을 발하며 순간적으로 연소하는 최저의 시료온도를 말하며, 밀폐 상태에서 가열하는 방식과 개방 상태에서 가열하는 방식의 2가지가 있으며 통상 개방식 인화점이 밀폐식 인화점 보다 높은 값을 갖는다.

1.2 연소점

시료를 가열하여 작은 불꽃을 유면에 가까이 대었을 때, 기름의 증기와 공기의 혼합기체가 연속하여 5초 이상 연소하는 최저 시료온도를 말하며, 연소점 측정은 클리브랜드 개방식 인화점 시험 방법에 따른다.

2. 관련 규격

인화점 시험방법은 다음의 4종류¹⁾가 있다.

종류	시험방법	적용 기준	적용 유종	관련 표준
밀폐식	태그 밀폐식	인화점이 93 ℃ 이하인 시료 단, 다음 시료는 적용할 수 없다 a) 동점도 > 5.5 mm ² /s(@40 ℃) 또는 동점도 > 9.5 mm ² /s(@25 ℃) b) 시험조건에서 기름막이 생기는 시료 c) 현탁 물질을 함유하는 시료	동원유, 가솔린, 등유, 항공 터빈 연료유	KS M 2010
	신속평형법	인화점이 110 ℃ 이하인 시료	원유, 등유, 경유, 중유, 항공 터빈 연료유	KS M ISO 3679 KS M ISO 3680
	펜스키마텐스 밀폐식	밀폐식 인화점의 측정이 필요한 시료 및 태그 밀폐식 인화점 시험방법을 적용할 수 없는 시료	원유, 경유, 중유, 전기 절연유, 방청유, 절삭유제	KS M ISO 2719
개방식	클리브랜드 개방식	인화점이 80 ℃ 이상인 시료. 다만 원유 및 연료유는 제외한다	석유 아스팔트, 유동 파라핀, 에어 필터유, 석유왁스, 방청유, 전기 절연유, 열처리유, 절삭유제, 각종 윤활유	KS M ISO 2592

3. 적용 및 응용

3.1 인화성 액체이면서 인화점 측정이 안되는 물질²⁾

HCFC-141b는 상온에서 공기 중에 쉽게 타는 물질임에도 밀폐식 인화점 시험방법으로 측정이 안되는 물질이다. 왜냐하면 상온에서 증기압이 너무 높기 때문에 인화점 측정 온도에서 증기 농도가 폭발상한(UFL=15.1 %) 이상이 되어 인화점 측정이 안된다.

그러나 상온의 개방된 넓은 공간에서는 농도가 쉽게 낮아져 폭발한계 안에 들어갈 수 있기 때문에 폭발 가능성이 있는 물질이다.

※ 기본물성 : 폭발한계 6.4 % ~ 15.1 %, 끓는점 32 ℃, 증기압 69 kPa(@ 21 ℃), 증기밀도 4.0(공기=1)

1) KS M 2010(2008)

2) HCFC-141b MSDS, Flammable Properties, p3(Du Pont社)

3.2 혼합물의 인화점 예측

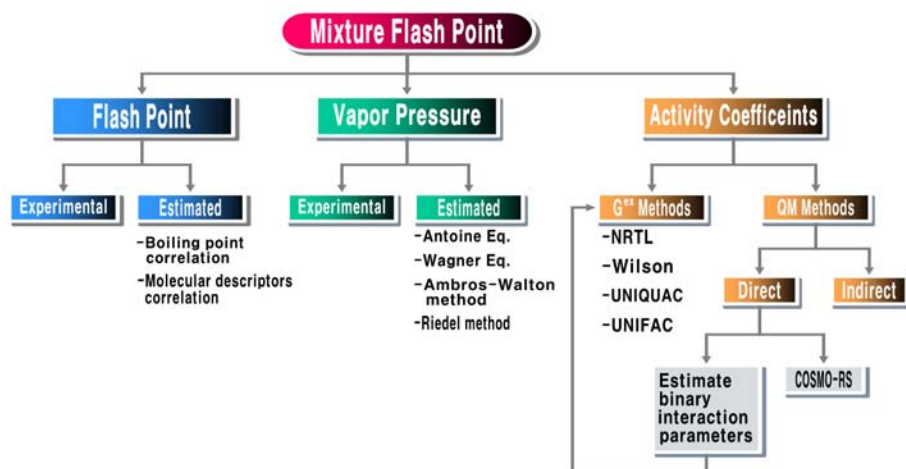
순수한 물질의 인화점은 액체의 끓는점과의 관계를 이용하여 1 % 이하의 오차로 1,200 종 물질에 대하여 인화점을 예측³⁾할 수 있다.

$$T_f = a + \frac{b(c/T_b)^2 e^{-c/T_b}}{(1 - e^{-c/T_b})^2}$$

T_f : 인화점 [K]
 a, b, c : 상수 [K]
 T_b : 물질의 끓는점 [K]

Chemical group	a	b	c	Chemical group	a	b	c
Hydrocarbons	225.1	537.6	2217	Ketones	260.5	296.0	1908
Alcohols	230.8	390.5	1780	Halogens	262.1	414.0	2154
Amines	222.4	416.6	1900	Aldehydes	264.5	293.0	1970
Acids	323.2	600.1	2970	Phosphorus-containing	201.7	416.1	1666
Ethers	275.9	100.0	2879	Nitrogen-containing	185.7	432.0	1645
Sulfur	238.0	577.9	2297	Petroleum fractions	237.9	334.4	1807
Esters	260.8	449.2	2217				

혼합물의 인화점은 다음과 같이 개별물질의 인화점, 온도에 따른 증기압, 활동도계수 등이 필요하며 간단하게 Raoult의 법칙에 의해 2성분계 인화점은 쉽게 예측할 수 있으나, 두 성분간의 인력과 반발력을 고려하여 예측하는 것이 바람직하다.



Procedure to estimate the flash point of binary mixtures.⁴⁾

3.3 혼합물의 인화점 예측 시 주의사항

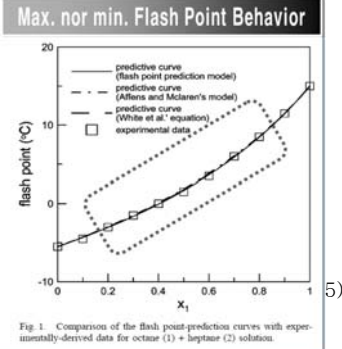
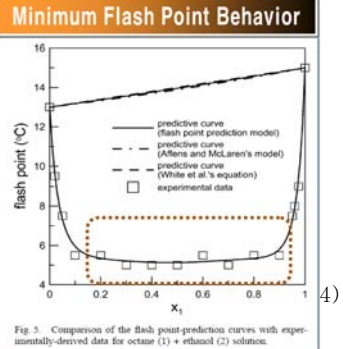
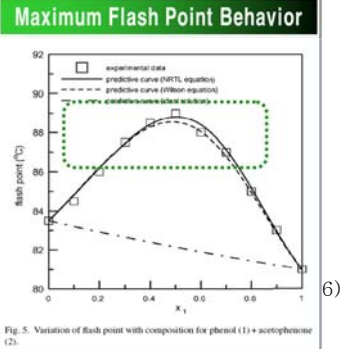
2성분계 혼합물의 인화점을 추정할 때 두 물질 간의 관계에 따라 매우 다르게 나타난다.

- ① 혼합물의 인화점이 개별 물질의 인화점 사이의 값을 갖는 경우
- ② 혼합물의 인화점이 개별 물질의 인화점 보다 낮게 나타나는 경우
- ③ 혼합물의 인화점이 개별 물질의 인화점 보다 높게 나타나는 경우

3) K. Satyanarayana and P. G. Rao, Journal of Hazardous Materials(1992)

4) M. VIDAL, W. J. ROGERS and M. S. MANNAN, 2006, "PREDICTION OF MINIMUM FLASH POINT BEHAVIOUR FOR BINARY MIXTURES", p4

다음은 ①, ②, ③의 전형적인 예로서 혼합물의 인화점을 예측함에 있어 매우 주의를 기울여야 하는 것을 보여준다.

① 인화점이 중간값을 갖는 경우	② 개별 물질 보다 낮은 경우	③ 개별 물질 보다 높은 경우
Max. nor min. Flash Point Behavior  Fig. 1. Comparison of the flash point-prediction curves with experimentally-derived data for octane (1) + heptane (2) solution. • Heptane과 Octane은 분자구조가 비슷하고, 상호작용이 약해서 거의 이상적인 거동을 한다 • 인력/반발력이 동종/이종분자간 비슷하여 Raoult의 법칙에 잘 맞는 2 성분계 혼합물이다	Minimum Flash Point Behavior  Fig. 3. Comparison of the flash point-prediction curves with experimentally-derived data for octane (1) + ethanol (2) solution. • Hydrocarbon과 Alcohol은 극성이 다르기 때문에 상호작용이 매우 강하다 • 즉, 동종분자간의 인력이 이종분자간의 인력보다 커서 • Ideal mixture 보다 좀더 많은 분자들이 기상으로 도망가므로 더 낮은 온도에서 폭발하한에 도달하여 인화점이 낮아진다	Maximum Flash Point Behavior  Fig. 5. Variation of flash point with composition for phenol (1) + acetophenone (2). • 동종분자간 인력 보다 이종분자간의 인력이 커서 서로 기상으로 도망가는 것을 막기 때문에 ideal mixture 보다 증기압이 낮아진다 • 좀 더 높은 온도가 되어야 폭발하한 농도에 도달하기 때문에 인화점이 높아진다

4. 참고문헌

4.1 참고문헌

KS 규격, 해외 논문 등 주석 참조

4.2 화재 · 폭발 특성 관련 인터넷 사이트 및 문헌

- 한국산업안전보건공단 홈페이지 MSDS(www.kosha.or.kr)
- 시약제조사 제공 MSDS (<http://www.sigmaaldrich.com>, www.tci-asiapacific.com)
- 외국의 MSDS 검색 가능 사이트
 1. www.ilpi.com/MSDS/(포탈사이트)
 2. [www.msdsolution.com/index.asp\(1,000,000](http://www.msdsolution.com/index.asp(1,000,000))
 3. [www.setonresourcecenter.com/MSDS/index.htm\(350,000](http://www.setonresourcecenter.com/MSDS/index.htm(350,000))
 4. [www.msds.com/searchpage.asp\(300,000](http://www.msds.com/searchpage.asp(300,000))
 5. [www.msds.ehs.cornell.edu/msdsrch.asp\(250,000](http://www.msds.ehs.cornell.edu/msdsrch.asp(250,000))
 6. [hazard.com/msds/index.php\(180,000](http://hazard.com/msds/index.php(180,000))
 7. [www.chemexper.be\(100,000](http://www.chemexper.be(100,000))
 8. [chemfider.cambridgesoft.com\(75,000](http://chemfider.cambridgesoft.com(75,000))
 9. [ull.chemistry.uakron.edu/erd/\(20,177](http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/(20,177))
 10. [physchem.ox.ac.uk/MSDS/\(16,103](http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/(16,103))
 11. [www.sigmaaldrich.com\(90,000](http://www.sigmaaldrich.com(90,000))
 12. [www.fischersci.com\(61,000](http://www.fischersci.com(61,000))
 13. [www.vwrsp.com/Search/index.cgi?tmpl=msds\(25,929](http://www.vwrsp.com/Search/index.cgi?tmpl=msds(25,929))
 14. [www.alfa.com\(14,000](http://www.alfa.com(14,000))
 15. [www.merck.de/english/services/chemdat/english/index.htm\(12,000](http://www.merck.de/english/services/chemdat/english/index.htm(12,000))

5) Horng-Jang Liaw, "A mathematical model for predicting the flash point of binary solutions"

6) Horng-Jang Liaw, "Binary mixtures exhibiting maximum flash-point behavior"