A-11

An Implementation of Process & Safety Engineering Using Flash Point

차 순 철 소방기술사
기술사사무소차스텍이엔씨㈜
www.charstech.com

Contents

1. Definition of Flash Point
2. The Characteristic of Flash Point
3. An Implementation of Process & Safety Engineering Using Flash Point

1. Definition

1.1 Flash Point

- The minimum temperature of a liquid at which sufficient vapor is given off to form an ignitible mixture with air, near the surface of the liquid or within the vessel used.
  (Ref.: NFPA 30 1-7.1)
- 가연성의 액체나 고체에 착화원 존재 시 발화가 일어날 수 있는 최저온도
  (Ref.: 핵심소방기술 제1장)

1.2 Ignition Temperature

- The minimum temperature required to initiate or cause self-sustaining combustion independently of the heating or heated element under specified environmental conditions.
  (Ref.: NFPA 53 2-2)
- 외부에서 착화원을 부여하지 않고 증기가 주위의 에너지로부터 자발적으로 발화하는 최저온도
  (Ref.: 핵심소방기술 제1장)

1.3 Comparison between Flammable and Ignition
(인화와 발화의 비교)

	Ignition Source (점화원)	Concen-tration (물질농도)	Energy	System	MIE
Flammable (인화)	O	O	X	Open	O
Ignition (발화)	X	O	O	Closed	X

1.4 Related Equation and Function

- Flash Point:

  Clausius-Clapeyron식; $\ln P_i^S = A - B/T$

  Antoine식; $\ln P_i^S = A - B/(T+C)$

- AIT(Autoignition Temperature)

  AIT=f(증기의 압력, 증기의 농도, 부피, 촉매물질의 종류,
  발화지연시간, 흐름의 조건 등)

2. The characteristic of Flash Point

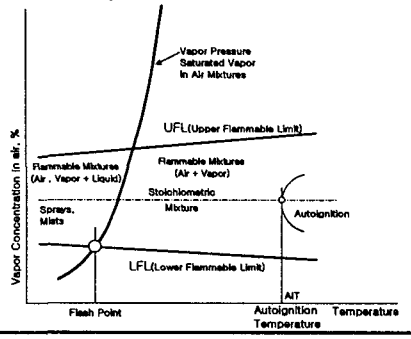
2.1 Examples of Flash Point (1 of 2)

	물품명	Flash Point ℃	착화온도	폭발범위	비중	비점	증기밀도	비고
백수한물품	디에틸에테르	-45	160	1.9% - 48%	0.71	35	2.56	
	이황화탄소	-30이하	90	1% - 50%	1.26	46	2.64	
	아세트알데히드	-39	175	4% - 60%	0.78	20	1.52	
	산화프로필렌	-37	449	2.8% - 37%	0.83	35	2.0	
제1석유류	아세톤	-20	465	2.1% - 13%	0.79	57	2.0	
	가솔린	-40 이하	300	1.4% - 7.6%	주1	주2	3 - 4	
	벤젠	-10	498	1.3% - 7.1%	0.88	80	2.77	
	톨루엔	5	480	1.2% - 7.1%	0.87	111	3.14	
	초산메틸	-3	426	2.0% - 11.5%	0.9	77	3.04	
	메틸메틸케톤	-7	404	1.7% - 11.4%	0.81	80	2.44	
알코올류	메틸알코올	12	385	6.0% - 36%	0.79	65	1.11	
	메틸알코올	13	363	3.3% - 19%	0.79	78	1.59	
	이소프로필알코올	15	399	2.0% - 12.7%	0.79	82		
제2석유류	등유	40	220		0.8		4.5	
	경유	45<	220		0.85	170<		
	클로로벤젠	29	593	1.3% - 9.6%	1.11	139	3.38	
	o-크실렌	33	463	1% - 6%	0.88	144	3.66	
	m-크실렌	29	527	1.1% - 7%	0.88	139	3.66	
	p-크실렌	27	528	1.1% - 7%	0.88	138	3.66	
	초산(아세트산)	41	463	4% - 19.9%	1.05	118	2.1	

2.1 Examples of Flash Point (2 of 2)

	물품명		Flash Point ℃	착화온도	폭발범위	비중	비점	증기밀도	비고
제3석유류	중유		0.9						
	크레오소오트유					1.0<	200<		
	글리세린		177	370		1.26	290		
제4석유류	윤활유	런가칠린유	133-250						
		낼찌기유	160-260						
		터빈유	200-270						
		내연기관용윤활유	170-290						
		선박용 윤활유	210-290						
		기어유	170-310						
		머신유	80-340						
		멀젤리유	170-340						
		왕자유	70-310						
		녹슬지유	140-210						
	가소제	프탈산디메틸	156						
		프탈산디메틸	162						
		프탈산디부틸	187						
		프탈산디톨틸	213						
		프탈산n-부틸	218						
		프탈산디노닐	218						
		프탈산디이소데실	235						
		에디핀산디n-부틸	228						

2.2 Flammability Characteristics



3. An Implementation of Process & Safety Engineering Using Flash Point

3.1 소방법규
3.2 NFPA 30, 780, etc.
3.3 KOSHA Code (D-08-2002, D-13-1996)
3.4 API 2000

3.1 소방법규

1) 물분무등소화설비 인화점/ 살수기준면적에 따른 방사밀도
(소방기술기준에 관한 규칙 별표1 관련)

살수기준면적(㎡)	방사밀도(ℓ/㎡분)		비 고
	인화점 38℃ 미만	인화점 38℃ 이상	
279 미만	16.3 이상	12.2 이상	살수기준면적은 내화구조의 벽 및 바닥으로 구획된 하나의 실의 바닥면적을 말한다. 다만, 하나의 실의 바닥면적이 465㎡이상인 경우의 살수기준면적은 465㎡로 한다.
279 이상 372 미만	15.5 이상	11.8 이상	
372 이상 465 미만	13.9 이상	9.8 이상	
465 이상	12.2 이상	8.1 이상	

2) 소화난이도에 따른 위험물제조소등의 구분
(소방기술기준에 관한 규칙 별표15, 제2조제1항제1호 및 제268조 관련)

구분	유별및시설 규모 제조소등	저장 또는 취급하는 위험물	규 모
현저하게 소화가 곤란한 제조소등	제조소·일반취급소	제1류·제2류·제3류(알킬알루미늄 및 알킬리튬에 한한다)·제4류·제5류(제285조의 규정에 의한 위험물을 제외한다) 제6류(과염소산 및 과산화수소에 한한다)	나. 인화점이 130도 이상인 위험물을 섭씨 100도미만의 상태로 저장 또는 취급하는 것
	이송취급소	영 별표3의 모든 위험물 모든 이송취급소	
	옥내저장소	제285조의 규정에 의한 위험물을 제외한 모든 위험물	제4류 위험물중 인화점이 섭씨 50도 이상인 위험물만을 저장하는 것을 제외한다..
	옥외탱크 저장소	액체위험물(인화점이 섭씨 130도 이상인 것과 제6류 위험물중 황산 및 질산을 제외한다.	.
		고체위험물	지정수량의 100배이상 저장 또는 취급하는 것
	옥내탱크 저장소	액체위험물(인화점이 섭씨 130도 이상인 것과 제6류 위험물중 황산 및 질산을 제외한다.	3. 단층건축물의의 건축물에 설치하는 것으로서 인화점이 섭씨 70도미만의 위험물을 정수량의 20배이상 저장 또는 취급하는 것
		고체위험물	지정수량의 100배이상 저장 또는 취급하는 것
	옥외저장소	유황	위험물을 저장 또는 취급하는 바닥면적이 100㎡이상인 것
		과염소산 또는 과산화수소를 저장 또는 취급하는 것	

3) 현저하게 소화가 곤란한 제조소등의 소화설비기준

(소방기술기준에 관한 규칙 제268조)

현저하게 소화가 곤란한 제조소등에는 별표 1에 의하여 당해 제조소등에 적용하는 소화설비를 다음 각호의 기준에 의하여 설치하여야 한다.

1. ....영 별표 3의 제4류위험물 중 **인화점이 섭씨 70도 이상**인 것을 저장 또는 취급하는 것에 있어서는 물분무등소화설비 또는 포소화설비를, 그 밖의 것에 있어서는 포소화설비를 설치하고, 옥내탱크저장소 중 유황등 가연성고체를 저장 또는 취급하는 것에 있어서는 물분무소화설비를, 그 밖의 것에 있어서는 물분무등소화설비를 설치하며, 옥외저장소에 있어서는 옥외소화전설비·스프링클러소화설비·물분무등소화설비를 설치하여야 한다. 다만, 제조소 및 일반취급소로서 **인화점이 섭씨 130도 이상**의 위험물을 저장 또는 취급하는 것에 있어서는 대형수동식소화기 및 그 위험물에 대한 소화기구의 소요단위에 해당하는 능력단위의 수동식소화기로 설치할 수 있고 .....

4) 고정포방출구의 방출량 및 방사시간

(소방기술기준에 관한 규칙 별표7, 제44조제6항 관련)

포 방출구의 종류 방출량 및 방사시간 위험물의 종류	I 형		II 형		특 형	
	방출량 (ℓ/㎡분)	방사시간 (분)	방출량 (ℓ/㎡분)	방사시간 (분)	방출량 (ℓ/㎡분)	방사시간 (분)
제4류위험물(수용성의 것을 제외)중 인화점이 섭씨 21도 미만인 것	4	30	4	55	12	30
제4류위험물(수용성의 것을 제외)중 인화점이 섭씨 21도 이상 70도미만인 것	4	20	4	30	12	20
제4류위험물(수용성의 것을 제외)중 인화점이 섭씨 70도 이상인 것	4	15	4	25	12	15
제4류위험물중 수용성의 것	8	20	8	30	-	-

5) 옥내저장소의 구조 및 설비

(소방기술기준에 관한 규칙 제169조)

⑮ 저장창고에는 제152조 및 제153조의 규정에 준하여 위험물을 저장·취급하기 위하여 필요한 채광·조명·환기 및 배출설비를 설치하여야 한다. 다만, 인화점이 섭씨 70도 이상인 위험물의 저장창고에는 배출설비를 설치하지 아니할 수 있다.

6) 옥외탱크저장소의 방유제

(소방기술기준에 관한 규칙 제190조)

4. 하나의 방유제내의 탱크는 10기(방유제내의 전탱크의 용량이 200킬로ℓ이하이고, 위험물의 **인화점**이 섭씨 70도 이상 섭씨 200도미만인 경우에는 20기)이하로 할 것. 다만, **인화점**이 섭씨 200도 이상일 경우에는 그러하지 아니하다.

10. 방유제는 탱크의 지름에 따라 그 탱크의 측면으로부터 다음 각호의 기준에 의한 거리를 확보하여야 한다. 다만, **인화점**이 섭씨 200도 이상의 위험물을 저장·취급하는 것에 있어서는 그러하지 아니할 수 있다.
   가. 지름이 15m미만인 경우에는 탱크의 높이의 3분의1이상
   나. 지름이 15m이상인 경우에는 탱크의 높이의 2분의1이상

3.2 NFPA 30, 780, etc.

1) NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code

1-7.3.1 Flammable Liquid. Any liquid that has a closed-cup **flash point below 100°F (37.8℃)**, as determined by the test procedures and apparatus set forth in 1-7.4. Flammable liquids shall be classified as Class I as follows:

(a) **Class I** Liquid. Any liquid that has a closed-cup **flash point below 100°F (37.8℃)** and a Reid vapor pressure not exceeding 40 psia (2068.6 mm Hg) at 100°F (37.8℃), as determined by ASTM D 323, Standard Method of Test for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method). Class I liquids shall be further classified as follows:

1. **Class IA** liquids shall include those liquids that have **flash points below 73°F (22.8℃)** and boiling points below 100°F (37.8℃).
2. **Class IB** liquids shall include those liquids that have **flash points below 73°F (22.8℃)** and boiling points at or above 100°F (37.8℃).
3. **Class IC** liquids shall include those liquids that have **flash points at or above 73°F (22.8℃)**, but below 100°F (37.8℃).

1-7.3.2 Combustible Liquid. A combustible liquid shall be defined as any liquid that has a closed-cup **flash point at or above 100°F (37.8℃)**, as determined by the test procedures and apparatus set forth in 1-7.4. Combustible liquids shall be classified as Class II or Class III as follows:

(a) **Class II** Liquid. Any liquid that has a **flash point at or above 100°F (37.8℃) and below 140°F (60℃).**
(b) **Class IIIA.** Any liquid that has a **flash point at or above 140°F (60℃), but below 200°F (93℃).**
(c) **Class IIIB.** Any liquid that has a **flash point at or above 200°F (93℃)**

2-3.3 Spacing (Shell-to-Shell) between Any Two Adjacent Aboveground Tanks.

2-3.3.1 Tanks storing **Class I, II, or IIIA** stable liquids shall be separated in accordance with Table 2-7, except as provided in 2-3.3.2.

2-3.3.2 Crude petroleum tanks having individual capacities not exceeding 126,000 gal (3000 barrels), where located at production facilities in isolated locations, need not be separated by more than 3 ft (0.9 m).

2-3.3.3 Tanks used only for storing **Class IIIB** liquids shall be permitted to be spaced no less than 3 ft (0.9 m) apart unless within a diked area or drainage path for a tank storing a **Class I or II** liquid, in which case the provisions of Table 2-7 shall apply.

2-3.3.4 For unstable liquids, the distance between such tanks shall not be less than one-half the sum of their diameters.

Table 2-7 Minimum Tank Spacing (Shell-to-Shell)

Table 2-7 Minimum Tank Spacing (Shell-to-Shell)

		Fixed or Horizontal Tanks	
	Floating Roof Tanks	Class I or II Liquids	Class IIIA Liquids
All tanks not over 150 ft in diameter	¼ sum of adjacent tank diameters but not less than 3 ft	¼ sum of adjacent tank diameters but not less than 3 ft	¼ sum of adjacent tank diameters but not less than 3 ft
Tank larger than 150 ft in diameter			
Minimum dispersion [illegible] with 2-3.4.4	¼ sum of adjacent tank diameters	¼ sum of adjacent tank diameters	¼ sum of adjacent tank diameters
Building is provided in accordance with 2-3.4.5	¼ sum of adjacent tank diameters	¼ sum of adjacent tank diameters	¼ sum of adjacent tank diameters

Source: [illegible]

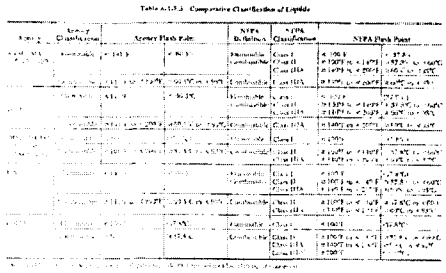
Table 2-5 Class IIIB Liquids

Table 2-5 Class IIIB Liquids

Tank Capacity (gal)	Minimum Distance in Feet from Property Line that Is or Can Be Built Upon, Including the Opposite Side of a Public Way	Minimum Distance in Feet from Nearest Side of Any Public Way or from Nearest Important Building on the Same Property
12,000 or less	5	5
12,001 to 30,000	10	5
30,001 to 50,000	10	10
50,001 to 100,000	15	10
100,001 or more	15	15

Source: [illegible] 1 gal = 3.8 L.

* *Check* Table A-1-7.3 Comparative Classification of Liquids



2) NFPA 780

Standard for the Installation of Lightning Protection Systems

A-6-1.1 Flammable vapors can emanate from a flammable liquid [flash point below 100°F (37.8℃)] or a combustible liquid [flash point at or above 100°F (37.8℃)] when the temperature of the liquid is at or above its flash point. **This chapter applies** to these liquids when stored at atmospheric pressure and ambient temperature. Provided that the temperature of the liquid remains **below the flash point**, combustible liquids stored under these conditions will not normally release significant vapors since their flash point is defined to be at or above 100°F (37.8℃).

3) Other NFPA Codes

NFPA 32	Standard for Drycleaning Plants
NFPA 35	Standard for the Manufacture of Organic Coatings
NFPA 45	Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals
NFPA 122	Standard for Fire Prevention and Control in Underground Metal and Nonmetal Mines
NFPA 385	Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids
NFPA 410	Standard on Aircraft Maintenance
NFPA 921	Guide for Fire and Explosion Investigations
Etc.	

3.3 KOSHA

1) 방폭

- 사업장방폭구조전기기계.기구.배선 등의 선정.설치 및 보수등에 관한 기준
(Ref.: 1993. 5. 24 노동부고시 제1993-19호)

제6조(취급물질에 관한 기초사항) 인화성 또는 가연성의 가스나 증기등에 의한 방폭지역을 구분함에 있어 대상물질별로 다음 각호의 사항을 고려하여야 한다.

4. 인화성 또는 가연성 액체 : 이들 액체는 **인화점**에 따라 다음 각목과 같이 분류된다.
   가. **인화점 40℃이하의 액체**: 누설되면 **인화점**이 낮은 액체일수록 더 신속하게 기화되어 공기와 혼합,쉽게 위험분위기를 생성하므로 이들 액체를 취급하는 설비주위는 방폭지역으로 고려되어야 한다.
   나. **인화점 40℃ 초과 65℃ 이하의 액체**: 상온의 이들 액체는 누설되어도 위험분위기를 생성하므로 인화점 이상으로 취급될 경우 또는 적합한 방법으로 항상 **인화점** 이하로 유지됨을 보장할 수 없는 경우에는 방폭지역 설정을 고려하여야 한다.
   다. **인화점 65℃ 초과 100℃ 이하의 액체**: 상온의 이들 액체는 누설되어도 위험분위기를 생성하지 않고 **인화점** 이상의 액체가 누설된다 하더라도 급속히 냉각되어 소량의 기화된 증기도 곧 응축되므로 위험분위기의 생성지역도 극히 제한된다. 이들 액체를 인화점 이상으로 취급하는 설비외부의 방폭지역은 별첨 도표에 표시된 수치의 1/3로 축소할 수 있다.
   라. **인화점 100℃ 이상의 액체**: 이들 액체는 **인화점** 이상으로 취급되더라도 설비주의의 방폭지역은 고려하지 않아도 무방하며 설비의 내부만 방폭지역으로 고려한다.

제7조(방폭지역 구분의 절차)
① 방폭지역 여부 결정에 있어 다음 각호의 장소는 방폭지역으로 구분하여야 한다.

1. 인화성 또는 가연성의 증기가 쉽게 존재할 가능성이 있는 지역
2. **인화점 40℃ 이하의 액체**가 저장 · 취급되고 있는 지역
3. **인화점 65℃ 이하의 액체**가 **인화점 이상**으로 저장 · 취급될 수 있는 지역
4. **인화점이 100℃ 이하인 액체의 경우 해당 액체의 인화점 이상**으로 저장 · 취급되고 있는 지역

2) PSM보고서(공정안전보고서)

- **인화성물질을 1일 5톤 이상 취급하거나 200톤 이상 저장**하는 사업장은 PSM보고서를 KOSHA(한국산업안전공단)에게 제출하고 승인을 득하여야 함.

[비 고]

2. 인화성물질이라 함은 대기압(1기압) 하에서 **인화점이 65℃ 이하**이거나 **고온·고압의 공정운전조건으로** 인하여 화재 · 폭발위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성물질을 말한다.

(Ref.: 산업안전보건법 제49조의2 별표10)

제2조 2. 영 별표10의 비고 제2호에서 "고온 · 고압의 운전조건에서 화재폭발위험이 있는 상태"라 함은 **운전압력이 게이지압력으로 10기압 이상**인 상태 또는 취급물질의 인화점 이상에서 운전되는 상태를 말한다.

(Ref.: 노동부 고시 제1998-67호)

3) Flame Arrestor(화염방지기, 인화방지망)

- Flash point가 65℃ 미만 시에 flame arrestor를 설치함.

(Ref.: KOSHA Code D-13-1996)

4) Breather Valve(통기관)

- Flash point가 38 ℃ 미만이거나 Flash point 이상으로 운전되는 물질을 취급하는 탱크에 breather valve를 설치함.

(Ref.: KOSHA Code D-08-2002)

3.4 API 2000

API 2000 Section 2.5.1.2, 2.5.1.3

2.5 Means of Venting

2.5.1 Normal Vents

2.5.1.2 PV valves are recommended for use on atmospheric storage tanks in which petroleum or petroleum products with a **flash point below 100°F(37.78°C)** are stored and for use on tanks containing petroleum or petroleum products where the fluid temperature may exceed the flash point. A flame arrester is not considered necessary for use in conjunction with a PV valve venting to atmosphere because flame speeds are less than vent velocities across the seats of PV valves (see API Publication 2210).

2.5.1.3 **Open vents with a flame-arresting device may be used in place of PV valves on tanks in which petroleum or petroleum products with a flash point below 100°F(37.78°C)** are stored and on tanks containing petroleum and petroleum products where the fluid temperature may exceed the **flash point.**

API 2000 Section 2.5.1.4

2.5.1.4 **Open vents without flame arresters may be used** to provide venting capacity for any of the follwing:

1. For thanks in which petroleum or petroleum products with a **flash point of 100°F(37.78°C) or above** are stored.
2. For heated tanks in which the **storage temperature** of the petroleum and petroleum products is **below the flash point** of the petroleum and petroleum products.
3. For tanks with a **capacity of less than 59.5 barrels (9.46 cubic meters)** [2500 gallons (9460 liters)] **used for storing** any product.
4. For tanks with a capacity of **less than 3000 barrels (477 cubic meters)** [126,000 gallons (476,910 liters)] used for **storing** crude oil.

Thank you
for your attention!

기술사사무소챠스텍이엔씨㈜
Tel: 02-573-9795
www.charstech.com