

## 인화성액체의 겔화 특성에 관한 연구

### A study on the gelation properties of the flammable liquids

강 영 구\* 정 문 호\*\*

호서대학교 안전공학부\* 호서대학교 대학원 산업안전공학과\*\*

#### 1. 서 론

인화성액체는 공장가동에 필요한 연료, 생산과정에서 사용되는 세척제·용제, 원료 등 거의 모든 화학공업에서 광범위하게 사용되고 있다. 인화성 액체는 소방법에서 제4류로, 산업안전보건법에서는 인화성물질로, 선박안전법에서는 선적액체 위험물 중 인화성액체 물질로 각각 구분되어 제조, 저장, 취급, 운반, 이송시 지정수량과 저장, 취급방법의 규제 등으로 엄격히 관리되고 있는 실정이다.

인화성액체에서 발생하는 증기는 인화되기 쉽고, 공기와 혼합된 상태에서 착화원에 의하여 점화되는 물질이므로 사용량의 증가는 곧 위험성의 증가를 나타내고 있어, 인화성액체의 안전사용문제가 심각하게 대두되고 있다.

따라서 본 연구는 인화성액체의 Gel화에 의해 저장 및 취급시 인화성 증기 및 유독성 가스의 발생을 감소시키고 세척공정 및 이송시 유독성 액체로 인한 정전기 발생을 감소시켜 화재 및 폭발의 위험성을 최소화하는 한편, 작업자에 대한 유해 증기의 발생 요인을 줄여 안전성을 증대시키는데 그 목적이 있다.

#### 2. 인화성액체의 Gel 생성이론

원자 또는 저분자보다 큰 1~500nm 크기의 입자로 이루어진 물질이 분산하고 있을 때 Colloid 상태라고 한다. 모든 물질은 적당한 조건을 주면 이 상태를 가질 수 있으며, 일반적으로 콜로이드는 액체를 분산매로하며 이 상태를 Sol 또는 Colloid 용액이라 한다. Colloid 입자는 유효전하를 가지는데 같은 종류의 전하를 갖고 있어 반발력 때문에 서로 가까이 접근할수 없어 겔화, 응결 등에 대한 안정성을 유지할 수 있다. 이러한 Sol에 온도를 내리거나, 다른 용매 또는 NaCl 등과 같은 전해질을 첨가하거나 기계적인 충격을 가하면 전하반발의 억제효과에 의해 Gelation이 일어난다. 겔화에 수반되는 물리적 성질의 변화로는 Gel 발생시 냉각 곡선에 변이점이 발생되고 또한 산란광의 강도가 급격히 증가되며 기계적 성질인 점성율, 강성을 등이 증가되는 것을 볼 수 있다.

#### 3. 실험장치 및 방법

##### 3. 1. 인화성액체의 Gelation

본 인화성액체의 Gelation에서는 Starting material로 Methanol, Ethanol, Isopropyl alcohol, Acetone, Toluene, Ethyl acetate를 사용하였고, 겔화촉매로는 Triethanolamine(TEA), Water를, 겔화제로는 Carbopol 934, Aerosil R 972 등을 사용하였다.

Gel 제조는 다음과 같은 과정을 거쳐 Table 1과 같은 혼합비로 제조하였다.

- ① 계량한 Starting Material을 적절한 크기의 용기에 넣는다.
- ② 계량한 Water를 용기에 투입하여 혼합시킨다.
- ③ Cabopol 934를 계량하여 위 용액에 주입하여 500RPM의 속도로 20분 동안 혼합시킨다.(Gallant인 Cabopol 934는 친수성으로 물과 반응하기 때문에 충분히 혼합하여야 한다.)
- ④ 계량된 TEA를 첨가하여 교반기로 다시 150RPM의 저속도로 30분 동안 혼합한다.

### 3. 2. pH 측정

pH Meter는 HANNA INSTRUMENTS의 HI 8417 Microprocessor Bench pH Meter를 이용하여 상온에서 측정하였다.

### 3. 3. Viscosity 측정

Brookfield DV-II+ Viscometer를 이용하여 60RPM으로 20~50℃의 온도범위에서 10℃씩 증가시키며 측정하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4. 1. 인화성액체의 Gelation

각 물질은 예비시험을 통해 Table 1과 같은 혼합조건에서 Gel을 제조할 수 있었다. Toluene은 제1석유류이므로 Water를 넣지 않았고, Cabopol 934 대신 친유성 젤화제인 Aerosil R 972를 사용하여 Toluene 89%(276g), TEA 4%(12g), Aerosil R 972 7%(21g)의 혼합비에서 젤화되었다. 그러나 Ethyl acetate의 경우 Ethyl acetate 75~85%, TEA 1~3%, Cabopol 934 1~3%, Water 9~23%의 범위에서 혼합시험을 하였으나 Gelation되지 않았다.

본 실험에서 각 물질의 혼합비가 적당할 때는 Gelation되지만 혼합비가 적당하지 않을 경우에는 Carbopol 934 자체가 응고되면서 분리되어 Gel이 생성되지 않는 것을 알 수 있다.

Table 1. Suggested formulation for the preparation of the flammable-liquid gel

Gel	Methanol I	Methanol II	Acetone	Isopropyl alcohol	Ethanol
Starting Material	75%(375g)		70%(350g)	70%(350g)	75%(225g)
TEA	1%(5g)	2%(10g)	0.5%(2.5g)	0.5%(2.5g)	2%(6g)
Carbopol 934	1%(5g)	2%(10g)	3%(15g)	4%(20g)	2%(6g)
Water	23%(115g)	21%(105g)	26.5%(132.5g)	25.5%(127.5g)	21%(63g)

#### 4. 2. pH의 측정결과

각 인화성 액체의 Gel에 대한 pH를 측정하여 Table 2와 같은 결과를 얻었다. 그 범위는 약 6.2~6.8의 중성 범위를 나타내고 있어 Gelation된 인화성액체의 취급에 있어 비교적 안전하다는 것을 나타내고 있다.

Table 2. pH values for the resulted gel

Gel	Methanol I	Methanol II	Ethanol	Acetone	Isopropyl alcohol	Toluene
pH	6.6	6.4	6.2	6.2	6.2	6.8

#### 4. 3. Viscosity 측정결과

Fig. 1과 Table 3은 Methanol과 Ethanol의 Gel에 대한 20~50℃ 범위의 온도에서 측정된 점도곡선과 점도변화값을 각각 나타낸 것이다. Methanol I 은 7035~8912cps, Methanol II는 7226~9466cps, Ethanol은 7926~9648cps로 온도변화에 따른 점도의 급격한 변화가 거의 없어 열적 안정성이 있다는 것을 알수 있다.

Table 3. Viscosity data for the resulted gel

Temp. \ Gel	Methanol I	Methanol II	Ethanol
	Viscosity[cps]	Viscosity[cps]	Viscosity[cps]
20℃	8912	9466	9684
30℃	7866	8784	9116
40℃	7466	8128	8660
50℃	7035	7226	7926

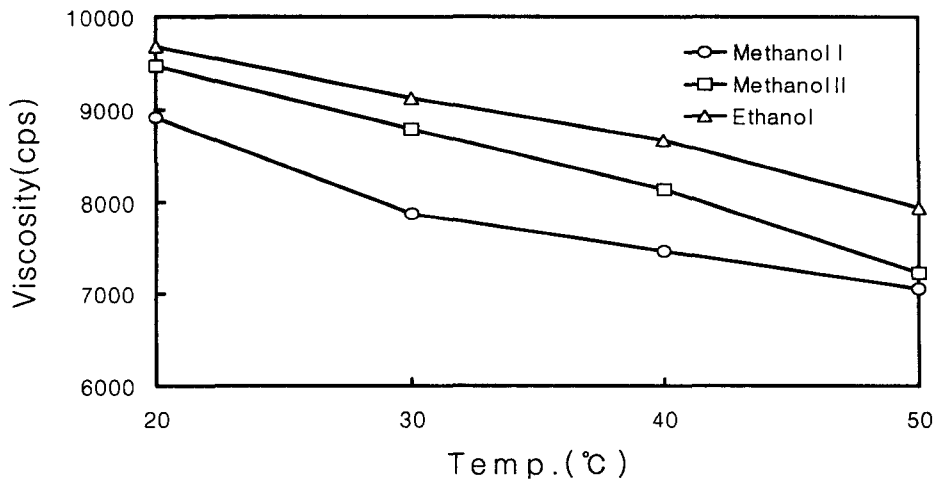


Fig. 1. Viscosity-Temp. (20~50℃) curves for the resulted gel

## 5. 결 론

이상과 같이 인화성액체의 Gel 조성물을 제조하여 혼합비, pH 측정, 점도-온도 특성 등의 시험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 연구에서 합성되어진 인화성 액체의 Gel 제품은

- 1) pH 6.2~6.8의 약한 산성으로 중성에 가까운 성질을 가지고 있어 인체에 안전하게 사용될 수 있음을 나타내고 있다.
- 2) 점도는 20℃를 기준으로 할 때 평균 9354cps의 고점도를 나타내어 보관이나 취급시 안전성이 증가되었음을 나타내고 있다.
- 3) 20~50℃까지의 점도가 Methanol I 은 7035~8912cps, Methanol II는 7226~9466cps, Ethanol은 7926~9648cps로 점도에 급격한 변화가 없이 일정하게 유지되어 취급에 대한 안정성을 나타내었다.

따라서 인화성 액체의 겔화는 기존의 세척작업 등에 사용되는 인화성액체의 위험성과 보관시 문제점을 개선할 수 있으며, 해상에서의 유출유나 폐수중의 유분회수 등에 사용할 수 있을 뿐만아니라 유류화재용 소화약제의 개발에 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

국내에서는 인화성 액체의 겔화에 관한 연구가 거의 전무한 상태이나, 일본 등 외국에서는 최근 활발히 진행되어 각종 겔화제가 개발되었고, Gasoline 등 인화성 액체의 겔화에 대한 연구도 진행되고 있다.

본 연구를 계기로 화학공장, 일반작업장 등에서 인화성 액체에 의한 세척작업시 화재 및 폭발의 위험성을 대폭 감소시키고, 유독성분의 발생을 억제할 수 있다면 환경오염이나 안전성의 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료되며, 향후 다른 인화성액체 및 다성분 물질에 대한 겔화 특성과 증발 속도 및 열분석을 통한 심도있는 연구를 계속할 예정이다.

## 6. 참고문헌

1. Danilo DeRossi, Kanji Kajiwara, Yoshihito Osada, Aizo Yamauchi, Polymer Gels, Plenum Press, 1991.
2. 高吸水性ポリマーの新規用途開発, 株式會社 シーエムシー, 1993.
3. F. T. Bodurtha, Industrial Explosion Prevention and Protection, McGraw-Hill, 1980.
4. T. H. Ladwing, Industrial Fire Prevention and Protection, Van Nostrand Reinhold, 1991.
5. G. A. Somorjai, Principles of Surface Chemistry, Prentice-Hall, Inc., 1972.
6. W. Burchard, S. B. Ross-Murphy, Physical networks-Polymer and Gels, Elsevier Applied Science, 1990.