다성분 인화성 액체의 Gel화 특성 연구

강영구, 정문호*
호서대학교 안전공학부, 호서대학교 대학원*

1. 서론

인화성 액체는 소방법상의 4류 위험물로 분류되며 공업용 연료, 세척, 용제 등의 원료로서 그 사용빈도, 취급, 저장되는 양이 타 위험물에 비하여 매우 많을 뿐 아니라 그 종류도 다양하며 화학공업 분야에서 광범위한 사용이 이루어지고 있다.

이러한 대부분의 인화성 액체는 낮은 b.p. 빠른 증발속도, 저인화점의 물리적 특성으로 가연성 증기의 형성이 용이하고 화재 및 폭발의 위험성과 다량의 유독성 증기의 발생 위험이 존재하고 있다. 이러한 위험성감소와 안전관련 분야 응용으로 인화성 액체의 gel화[1]를 통하여 인화성 액체의 저장 및 이송시의 정전기 발생억제로 인한 화재위험성 감소, gasoline, alcohol 화재시 불용성 gel을 형성하는 계면활성제에 gellant 혼합형 포소화약제와 해상 및 지상의 유출유, 폐수중의 유분회수를 위해 polymer형 gel화 유처리제 등에 대한 다양한 응용연구로 안전 및 환경적인 위험성 감소화[2,3] 시키고 있다.

인화성 액체중 대표적으로 사용되는 것으로는 gasoline, kerosene, 기타 유기용제류를 포함하며 이중 gasoline은 자동차, 항공기, 공업용으로 가장 많이 사용되는 인화성액체이다. 공업용 연료, 수송기관의 연료, 세척제 등에 사용하기 위해 gasoline과 ethenol이 혼합된 다성분 인화성 액체를 제조하여 사용하기도 한다.

따라서 화재위험성 감소, 취급 저장시의 안전을 위해 이러한 다성분 인화성 액체 또한 gel화 연구의 필요성이 있으며 gel화 후 저장, 취급시 인화성 증기 및 유독성 증기 발생 감소를 위한 다성분 인화성 액체의 gel화 방법 및 fomulation 설계, 유출시 대책과 세척, 이송시 유동성 억제로 인한 정전기 발생의 감소를 위한 점도특성에 대하여 연구하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1. 다성분 인화성 액체의 겔화

다성분 인화성 액체로 gasoline과 ethanol을 각각 20wt(%)씩 증가시키며 0~100wt(%) 비율로 혼합하여 6종류의 인화성 액체를 4000rpm으로 교반

Table 1. Blending ratio of gel composition

(단위 wt(%))

Division / Composition	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Flammable liquid	96	95	94	95	94	93	94	93	92
TEA	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Aerosil-300	3	4	5	3	4	5	3	4	5

하여 제조하고 다성분 인화성 액체에 1~3wt(%)의 triethanolamine(TEA), gellant로써 Aerosil-300을 3~5wt(%) 함량으로 변화시키면서 약 500g의 시료를 Homomixer(Yhana)에 의해 8000~9500rpm으로 고속교반하여 겔화시키고 각 함량별 겔화여부를 확인하였다.

2.2. Viscosity 측정

점도의 측정은 다성분 인화성 액체중 Gasoline과 Ethanol의 함량변화에 따라 겔화가 가장 잘 이루어진 것을 1개씩 선정하고 Viscometer (Brookfield DV-Ⅱ+)를 사용하여 20~45℃에서 5℃상승시키며 2시간 후 점도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 다성분 인화성 액체의 Gelation

다성분 인화성 액체에 TEA와 Aerosil-300의 함량 변화를 통한 Gel 형성 유무를 관찰한 결과 Table 2와 같이 Gasoline 40wt(%) : Ethanol(60wt%)와 Gasoline 60wt(%) : Ethanol(40wt%)의 혼합비에서 TEA와 Aerosil-300의 함량에 관계없이 100% 겔화가 발생되었으며 Table 1의 F, H, I의 각 성분별 혼합비에서 겔화가 완전히 발생되었다.

다성분 인화성 액체의 Gasoline과 Ethanol 함량에 따른 겔화 생성결과는 약 1 : 1의 혼합비 영역에서 겔화가 가장 잘 발생됨을 알수 있으며 Gasoline 또는 Ethanol의 함량의 차이가 많은 타영역에서는 TEA와 Aerosil-300의 함량증가에 의해 겔화되는 현상을 나타내었다. 각 성분별 겔화형성에 있어 TEA와 Aerosil-300의 함량증가가 겔화에 유리하게 작용하며 단인성분인 Ethanol 100wt(%)의 경우 E, H와 같이 gellant가 같은 함량인 경우 TEA의 양에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다.

Table 2. Gelation of flammable liquide for mixing composition(G : gasoline, E : ethanol)

Division / Composition	A	B	C	D	E	F	G	H	I
G0 : E100	×	×	×	×	×	○	×	○	○
G20 : E80	×	○	○	×	○	○	×	○	○
G40 : E60	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G60 : E40	○	○	○	○	○	○	○	○	○
G80 : E20	×	○	○	×	○	○	×	○	○
G100 : E0	×	○	○	×	○	○	×	○	○

* ○ : Gel 발생, × : Gel 발생 없음

3.2. Viscosity 측정결과

Gasoline과 Ethanol의 함량에 따라 겔화가 가장 잘 형성된 시료 6종류에 대한 온도에 따른 점도측정결과 Fig. 1과 같이 20℃에서는 696~7068cps와 45℃에서는 133~490cps의 점도를 나타내었다. 이들 중 Gasoline 40wt(%) : Ethanol (60wt%)의 함량에서 20℃, 7068cps로 가장 높은 점도를 나타내었으며 Gasoline 단일성분인 경우 가장 점도가 낮았다.

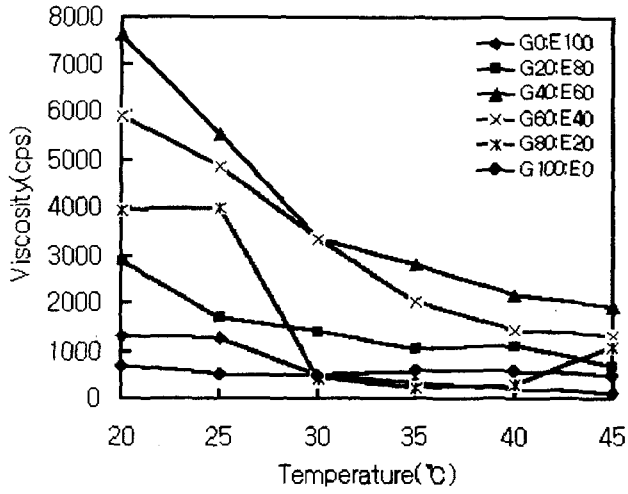
그리고 20~30℃부근의 온도영역에서 큰 점도차이를 나타내었으며 35℃ 이후의 영역에서는 완만한 점도의 감소를 나타내었다. 이것은 겔화된 다성분 인화성액체가 온도상승에 따라 다량 휘발되어 35~45℃영역에서 거의 동일하게 점도유지가 되는 것으로 사료된다. 또한 단일성분인 Gasoline 100wt(%)인 경우 초기 낮은 점도가 45℃까지 거의 변화없이 유지되었다.

4. 결론

다성분 인화성 액체의 Gasoline, Ethanol 함량변화 및 각 성분별 함량 변화에 따른 겔화 및 점도측정결과 다음과 같은 결론이 도출되었다.

1) Gasoline 40wt(%) : Ethanol(60wt%)와 Gasoline 60wt(%) : Ethanol (40wt%)의 거의 1 : 1혼합비에서 TEA와 Aerosil-300의 함량에 관계 계없이 100% 겔화가 발생되었다.

Fig. 1. Viscosity properties for increased temperature of flammable liquid gel



2) Gasoline 또는 Ethanol의 함량의 차이가 많은 시료의 경우는 TEA 2wt(%) 이상, Aerosil-300은 4wt(%)이상에서 겔화가 발생되었다.

3) Gasoline 40wt(%) : Ethanol (60wt%)의 함량에서 20℃, 7068cps로 가장 높은 점도를 나타내었으며 단일성분인 Gasoline 100wt(%)인 경우 초기 낮은 점도가 45℃까지 696~490cps 거의 변화없이 유지되었다.

본 연구팀은 현재까지 단일성분의 인화성액체의 겔화에 대한 연구를 진행해 왔으며 혼합용매, 혼합용제, 공업용 연료 등으로 사용될 수 있는 Gasoline, Ethanol계 다성분 인화성 액체의 겔화연구를 통하여 겔화형성의 최적 fomulation을 도출하고 점도측정을 하였고 현재 열분석 장비를 이용한 인화점, 열적 안정성 등에 대해 연구와 이외에도 타성분의 다성분 인화성 액체에 관한 연구를 지속할 계획이다.

5. 참고문헌

1) 강영구, 정문호, "인화성 액체의 겔화 특성에 관한 연구", 98' 춘계학술논문발표회논문집, 한국산업안전학회, pp. 185-188, 1998.

2) J, leonard, "Hydrocarbon Gels Useful in Formation Fracturing", US Patent 5,571,313, 1995.

3) R. Edward, "Gelled Floating Roof for Storage Tanks And Pits And Process For Forming Same", US Patent 3,639,258, 1972.