

## 용제 및 세정제의 2,2,2-trifluoroethanol(TFEA)의 첨가에 따른 물성과 세정성 영향연구

차안정<sup>1</sup>, 박지나, 배재흠\*, 김홍곤<sup>1</sup>  
 수원대학교 화학공학과, <sup>1</sup>한국과학기술연구원 환경공정연구부  
 (anjung5@hanmail.net\*)

**Effect of 2,2,2-trifluoroethanol(TFEA) in solvent and cleaning agents  
 as an additive on their physical properties and cleaning ability**

A.J.Cha<sup>1</sup>, J.N.Park, J.H.Bae\*, H.G.Kim<sup>1</sup>  
 Department of Chemical Engineering, The University of Suwon  
<sup>1</sup>Environment & Process Technology Division, KIST  
 (anjung5@hanmail.net\*)

**서론**

산업현장에서 생산되는 제품의 고품질화를 위해 제조공정시 반드시 선행되는 제품의 이물질 제거에 CFC-113(CCl<sub>2</sub>FCClF<sub>2</sub>), 1,1,1-trichloroethane(TCE), trichloroethylene(TCE), methylene chloride (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>), methyl chloroform(CHCl<sub>3</sub>), perchloroethylene(PCE) 등은 지금까지 많은 각광을 받았고 그 사용량 또한 어떠한 세정제보다 월등히 사용되어 왔다. 그러나 대부분의 염소 함유 화합물들이 수질 오염도가 높고, 암 유발과 같이 인체에 유해하며, 특히 대기 중에서 안정한 CFC-113, 1,1,1-TCE 등은 성층권의 오존층을 파괴하는 효과가 큰 것으로 판명되면서 범세계적으로 염소계 세정제의 사용이 제한되고 있어 대체세정제의 개발이 시급한 실정이다. 대체세정제 개발에 있어 현재 많은 연구가 이루어지고 있으며, 그 중 수계, 준수계, 알콜계, 탄화수소계 등이 국내외적으로 많은 비중을 차지하고 있다. 그러나 세정대상에 따라 대체기술의 적용이 제한되므로 CFC-113, 1,1,1-TCE를 직접 대체할 수 있는 화합물의 개발과 대체적용 가능성도 지속적으로 연구되고 있다 [1,2].

본 연구에서는 오존층 파괴효과가 전혀 없고 인체 유해도가 비교적 낮으며 물과 유기 용제와 혼용성이 높고 용해력이 뛰어난 TFEA(trifluoroethanol)를 용제와 세정제에 첨가제로 사용하여 이의 함량 변화에 따른 물성과 세정성의 영향을 조사 분석하였으며, 이때 세정성 영향은 플럭스, 불소계 오일, 그리스 등 오염물의 종류에 따라 평가하였다.

**실험**

본 실험에서는 TFEA를 자체적으로 합성 제조하여 사용하였다. 그리고 불소화에테르는 탄소, 수소, 불소, 산소가 에테르로 연결된 화합물로 세정제 용도로서는 단가가 비싸기는 하지만 증발에 의한 손실이 적고, 오존층을 파괴하지 않는 것은 물론이거니와 대기 중에서 분해하기 쉽기 때문에 지구온난화 작용이 반이하로 낮아질수 있는 HFE((HFE-7100-C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>OCH<sub>3</sub>), (HFE-7200-C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>))를 혼용하여 TFEA에 대한 이들의 함량변화에 따른 물성과 세정성 영향을 평가하였다.

이들 혼합 세정제는 표면장력(Fisher Scientific, Surface Tensionmat21, USA), 밀도(KEM Kyoto electronics, DA-110M, Japan), 점도(Brookfield, LVDV II+CP, USA; Ostwald Korea), 아닐린점(KS M 2053), Kauri-butanol값(ASTM D 1133) 등을 측정하여 기본적인 물성을 상

호 비교하였다.

본 실험에서 사용된 오염물로는 플릭스의 주성분인 *abietic acid*(Aldrich)와 실리콘 오일(다우코닝 실리콘 200F, 제한실리콘) 및 볼베어링 그리스(KBR, 한국셀), 실리콘 그리스(EUREKA SL, 한국하우톤), 불소계 그리스(EUREKA FS, 한국하우톤)를 사용하였다. 오염물을 도포하기 위한 시편은 오염물과 세정제에 의한 부식성이 거의 없는 스테인레스 평판(SUS plate: 24×75×2 mm)을 선정하여 사용하였다. 오염물 도포를 위해서 플릭스는 *abietic acid* 일정량을 isopropyl alcohol 용액 일정량에 용해시켜 시편에 일정량을 도포하여 상온에서 1시간 동안 건조한 다음 80℃에서 12시간 동안 baking하여 사용하였다. 그리고 실리콘오일 오염물은 평판시편을 실리콘오일에 침적 도포시킨 후 데시케이터에서 6시간 동안 상온에서 건조시킨 후 사용하였으며 그리스의 경우는 스테인레스 평판에 도포 후 데시케이터에서 24시간 상온 건조하여 사용하였다. 세정성능 평가를 위해서는 여러 오염물질들에 대한 세정성능을 중량법으로 비교하였다. 중량법은 세정 전에 시편에 도포된 오염물의 양과 세정 후 시편에 잔류하는 오염물의 양을 측정하여 세정시간에 따라 오염물질이 씻겨나가는 정도를 비교하여 세정성능을 평가하는 방법으로 실험이 간편하고 정량적으로 세정성을 비교할 수 있는 장점이 있다. 세정실험에서는 앞에서 만든 오염물질을 표면에 부착시킨 시편들을 상온(25℃)에서 동일한 양(45ml)의 세정액에 담그고 교반 없이 일정시간 동안 단순 침적시켜 세정한 후 강제 순환식 오븐에서 건조하여 세정 후 시편의 무게변화를 측정하였다[3].

### 결과 및 토론

세정제들의 표면장력, 밀도, 점도, 습윤지수, 아닐린점, KB값 등을 측정하여 Table 1에 나타내었다. 표면장력은 낮은 값을 가질수록 미세공간에 대한 침투성이 커져 세정성능이 높을 것으로 기대되는 값으로 HFE의 경우 13.6dyne/cm의 낮은 값을 보여 세정성능 향상에 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 밀도를 측정한 결과 TFEA는 1.36g/cm<sup>3</sup>, HFE-7100은 1.50g/cm<sup>3</sup>, HFE-7200은 1.41g/cm<sup>3</sup>의 값으로 밀도가 1보다 크므로 복잡한 구조의 피세정물 내부로의 침투성이 양호할 것으로 기대된다. 하지만 점도 측정 결과 단일의 경우는 0.1~0.6cp의 낮은 점도값을 보였으나, 혼용하였을 경우는 1.08~1.63cp의 값으로 조금 높아진 것을 알 수 있었다. 세정제의 세정성능을 추정하는 변수인 아닐린 점은 같은 부피의 아닐린과 시료가 균일한 용액으로서 존재하는 최저의 온도로 아닐린 점이 낮을수록 오염물질의 용해도가 크다. TFEA의 경우 -16.7℃를 나타내어 일반 탄화수소계 세정제의 아닐린점인 20~80℃보다 낮기 때문에 오염물질의 용해도가 클 것으로 기대되며, 습윤지수가 큰 물질일수록 침투력이 좋아 세정성능이 좋을 것으로 기대되는 값으로 TFEA와 HFE의 습윤지수는 타 세정제에 비해 크게 조사되어 세정성능이 좋을 것으로 판단된다. 카우리-부탄올 값은 용해력을 결정하는 시험방법으로 KB값이 높으면 상대적으로 강한 용해력을 갖는 것을 의미한다. TFEA와 HFE의 경우 타 세정제에 비해 상대적으로 낮은 값을 나타내어 용해력은 다소 떨어질 것으로 판단된다.

플릭스는 주로 산 계통의 천연성분으로 구성되며 수용성 성질과 지용성 성질을 동시에 지니고 있으며 여기에서는 *abietic acid*를 플릭스로 사용하였다. 플릭스에 대한 세정성능 평가 결과들의 Figure 1~2에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 MC의 경우 아주 우수한 세정력을 보인 반면 TFEA와 HFE의 경우 단일로 사용하였을 경우에는 세정효율이 뚜렷이 떨어지는 것으로 나타났다. 하지만 TFEA와 HFE를 일정비율로 혼용하여 Flux를 세정하였을 경우 TFEA의 비율이 높아질수록 세정효율이 많이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 오염물이 실리콘 오일의 경우 또한 Figure 3~4에서 보여지듯이 TFEA와 HFE의 경우 MC에 비하여 다소 세정효율이 떨어지는 것으로 나타났으나 TFEA와 HFE를 일정비율로 혼용하여 사용시 HFE의 비율이 높아질수록 세정효율이 다소 향상된 것을 확인할 수 있었다. 그리스 세정의 경우는 Figure 5~8에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 구름베어리

용 그리스의 경우는 단일로 사용하였을때와 혼용하였을 경우 모두 30% 미만의 저조한 세정효율을 보였고, 실리콘 그리스 또한 20%미만의 저조한 세정효율을 보였다. 하지만 불소 그리스의 경우 HFE를 단일로 사용하였을 경우 90% 이상의 아주 우수한 세정효율을 보여주었다. 위에서 보여지듯이 TFEA와 HFE의 경우 단일로 사용하였을때 상당히 저조했던 세정효율들이 이들을 혼용함으로써 세정효율을 향상시킬수 있었다. 따라서, 현재 진행중인 연구에 표면장력이 낮아 침투력이 좋고 물과 혼합하여 사용할 수 있는 TFEA와 HFE의 장점을 활용하고, 여기에 용제 및 첨가제를 사용함으로써 좀더 우수한 세정효율을 가질수 있는 세정제 개발의 가능성을 보여주었다.

### 참고문헌

1. 노경호, 대체세정제 및 세정기술 현황, 제3회 대체세정제 응용기술 세미나, 한국화학시험연구원 (1997).
2. H. Lee, K. H. Kim, S. D. Lee and H. Kim, Imidazolium salt assisted hydrolysis of 1-chloro-2,2,2-trifluoroethane, *J. Fluorine Chem.*, **125**, 95 (2004).
3. 배재흠, 신민철, 산업 세정제의 세정성 평가방법 및 적용사례, *Clean Technology*, 5(2), 1 (1999).

Table 1. Physical properties of cleaning solvents

Cleaning Solvents	Physical Properties	Surface tension (dyne/cm)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Viscosity (cP)	Wetting index	KB Value (°C)	Aniline point (°C)
TFEA		23.0	1.3621	0.198	299.10	31	-16.7
MC		31.8	1.2993	0.168	140.89	136	<-20
HFE-7100		13.6	1.5097	0.61	181.98	10	-
HFE-7200		13.6	1.4115	0.61	170.14	6	-
TFEA:HFE-7100 = 90:10		22.9	1.3930	1.63	37.32	23	-17.2
TFEA:HFE-7100 = 50:50		19.6	1.4325	1.40	52.20	19	-18.7
TFEA:HFE-7100 = 10:90		18.0	1.5115	1.16	74.75	15	<-20
TFEA:HFE-7200 = 90:10		22.7	1.3865	1.28	47.72	18	<-20
TFEA:HFE-7200 = 50:50		19.3	1.4058	1.30	56.03	15	<-20
TFEA:HFE-7200 = 10:90		17.8	1.4266	1.08	74.21	11	<-20

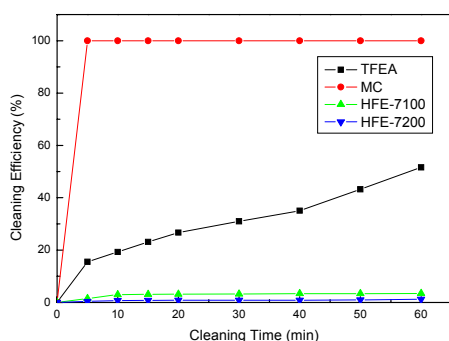


Fig. 1. Cleaning efficiency of different types of cleaning agents for cleaning flux

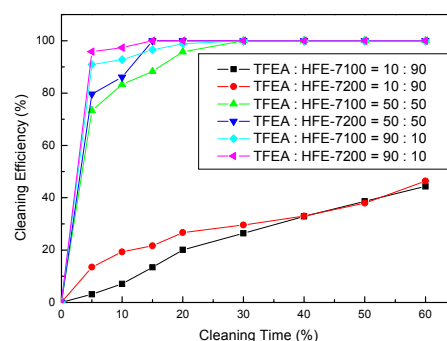


Fig. 2. Cleaning efficiency of formulated cleaning agents with different formulation ratio of TFEA and HFEs ratio for cleaning flux

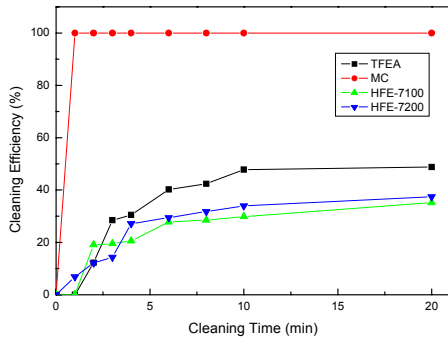


Fig. 3. Cleaning efficiency of different types of cleaning agents for cleaning silicon oil

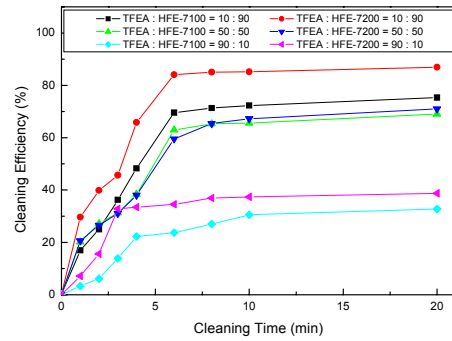


Fig. 4. Cleaning efficiency of formulated cleaning agents with different formulation ratio of TFEA and HFES ratio for cleaning silicon oil

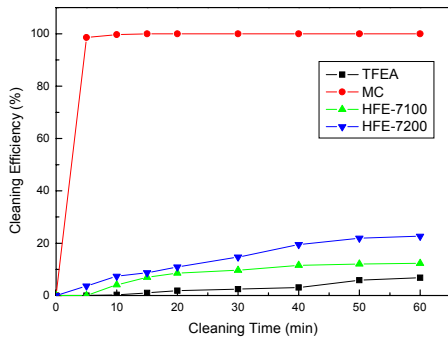


Fig. 5. Cleaning efficiency of different types of cleaning agents for cleaning rolling bearing grease

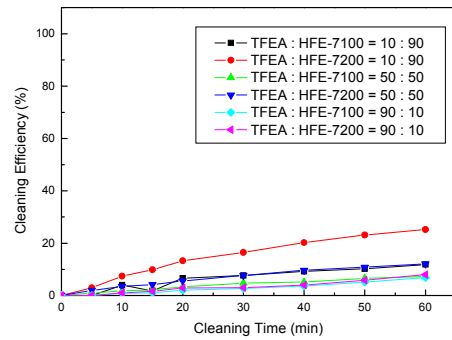


Fig. 6. Cleaning efficiency of formulated cleaning agents with different formulation ratio of TFEA and HFES ratio for cleaning rolling bearing grease

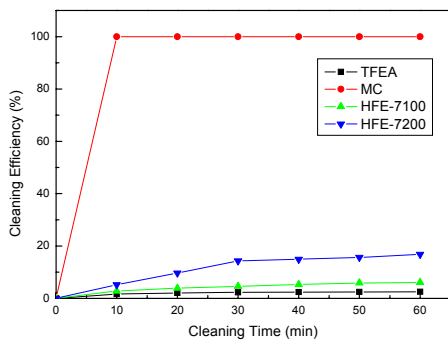


Fig. 7. Cleaning efficiency of different types of cleaning agents for cleaning silicon grease

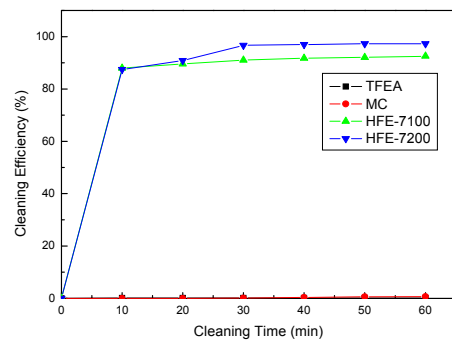


Fig. 8. Cleaning efficiency of different types of cleaning agents for cleaning fluorine grease