

실리콘계 세정제의 물성 및 세정성 평가 연구

정용우, 박지나¹, 배재흠*, 이호열², 이명진²
 수원대학교 화학공학과, ¹한국과학기술연구원, ²NeoPharm
 (j00film@naver.com*)

**Measurement of Physical properties and Cleanliness Evaluation of
 Silicon-type Cleaning agents**

Young Woo Jung, Ji Na Park¹, Jae Heum Bae*, Ho Yeoul Lee², Myoung Jin Lee²
 Department of Chemical and Biochemical Engineering, The University of Suwon,
¹KIST, ²NeoPharm
 (j00film@naver.com*)

서론

전기, 전자, 기계, 금속 등 대부분의 산업현장에서는 부품 가공중에 흔히 가공유, 금속유, 금속칩 등 이물질이 부착되는데 이러한 부품이나 제품상의 이물질 제거를 위하여 최근까지 CFC-113, 1,1,1-TCE(1,1,1-Trichloroethane), TCE(Trichloroethylene) 등과 같이 기름의 용해력 및 세정성이 뛰어나고 건조성, 재질 호환성이 양호한 염소계세정제를 사용하여 왔다. 그러나 이들 세정제는 오존층 파괴물질로 환경과 인체의 유해성 등의 문제로 인하여 사용규제 대상물질로 규정되어 선진국에서는 CFC-113, 1,1,1-TCE의 사용과 생산이 이미 전면 금지되었고 우리나라에서도 일정 유예기간 이후에는 사용이 전면적으로 규제될 예정이어서 다방면의 대체 세정제가 개발 중에 있으며 상용화 되고 있다. 현재 개발 중인 대체세정제는 크게 수계, 준수계, 비수계세정제로 구분되어지나, 수계/준수계 세정제는 물을 이용한 행균 단계와 건조 단계를 거쳐야 하고, 경우에 따라 고순도의 물을 다량으로 필요로 하기 때문에 폐수처리 문제가 발생하여 설비 투자에 대한 부담이라는 단점이 있어 이를 보완 할 수 있는 비수계 세정제의 개발이 절실하다.

이에 본 연구에서는 종전의 세정 시스템을 크게 변화시키지 않고 시설의 재투자를 최소로 하면서 환경친화적이며 인체에 대한 안전성을 가진 세정 효율이 우수한 실리콘계 대체세정제를 개발하기 위한 연구로 glycolether와 isoparaffin 계열의 용매 혼합액에 계면 장력이 낮고 휘발성이 양호한 siloxane을 첨가한 대체 세정제를 제조하여 보았다. 그리고 이렇게 제조한 세정제의 기초 물성을 측정하고 산업현장에서 발생하는 오염물에 대한 세정성능을 평가하여 효율적이고 환경 친화적인 실리콘계 비수계 대체세정제를 개발하고자 하였다.

실험

비수계 시제품 세정제를 제조하기 위한 주요 성분으로 glycol계, iso-Paraffin계 그리고 siloxane을 선택하였다. glycol계 탄화수소는 환경성과 세정성을 고려하여 propylene glycolether형태의 용제를 선택하였으며, iso-Paraffin계 탄화수소는 순도 99.8wt% 이상으로 아로마틱 및 나프텐계 성분을 함유하지 않은 환경친화형 무취용제를 사용하였다. glycol계와 iso-paraffin계 탄화수소 물질을 선택한 이유는 이 물질들이 비수계 유기 오염물질에 대한 용해력이 높은 성질을 가지고 있기 때문이다. 그리고 siloxane은 일반적으로 표면장력이 낮아 오염물에 침투를 용이하게 할 수 있기 때문이다. 실험은 위의 물질을 여러 비율로 배합하여 이에 대한 물성과 세정성능을 평가하였다.

이렇게 배합하여 만든 세정제는 점도(Brookfield, LVDVII+CP, USA : Ostwald Korea), 밀도(KEM Kyoto electronics, DA-110M, Japan), 표면장력(Fisher Scientific, Surface Tensionmat21, USA), Kauri-butanol Value(ASTM D 1133), 인화점(Grabner, CCA425 : ASTM D 6450), 증기압(TANAKA scientific limited, AVP-30D, Japan : ASTM D 323)등을 측정하여 시판세정제와 배합세정제의 물성을 비교하였다.

본 실험에서 사용된 오염물로는 플럭스(flux)의 주성분인 abietic acid(Aldrich), 납과 주석의 합금과 플럭스(flux)를 주성분으로 하며 전자제품 납땀에 사용되는 솔더(solder paste), 그리고 금속비누와 소량의 물을 가하여 콜로이드(colloid) 상태로 혼합하여 제조하여 윤활제로 사용되는 그리스(grease)를 사용하였다. 오염물을 도포하기 위한 시편은 오염물과 세정제에 의한 부식성이 거의 없는 스테인레스 평판(SUS plate : 24x75x2 mm)을 사용하였다. 오염물 도포를 위해 플럭스는 abietic acid 일정량을 isopropyl alcohol 용액 일정량에 용해시켜 시편에 일정량을 도포하여 상온에서 1시간 동안 건조한 다음 80℃에서 12시간 동안 baking하여 사용하고 솔더(solder paste)는 시편위에 틀을 올려 오염물을 도포한 후 상온에서 1시간 동안 건조한 다음 80℃에서 12시간 동안 baking하여 사용 하였다. 그리스(Grease) 도포는 시편위에 틀을 올려 오염물을 긁어내어 도포한 후 상온에서 1시간 동안 건조한 다음 사용하였다. 오염물질에 대한 세정성능 평가 방법으로는 중량법을 사용하였다. 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. 세정실험은 상온(25℃)에서 동일한 양(45ml)의 세정제에 오염물질을 표면에 부착시킨 시편들을 침적시키고 교반 없이 일정시간 동안 단순 침적시켜 세정한 후 강제 순환식 오븐에서 건조하여 세정 후 시편의 무게 변화를 측정하였다. 또한, 산업현장에서 사용되고 있는 해외제품의 대응품들을 선택하여 본 연구과정에서 제조된 세정제들과의 플럭스(Flux)와 그리스(Grease)에 대한 세정효율을 비교 하였다.

결과 및 고찰

여러 비율로 배합한 세정제의 밀도, 점도, 표면장력, 인화점, 증기압, KB값을 측정하였으며 이 결과를 Table 1에 나타내었다. 두 용매glycol계(G)와 iso-Paraffin계(I)의 배합 비율을 50:50으로 하거나 70:30으로 하여 cyclsiloxane A 5wt%, cyclosiloxane B 5 wt% 첨가하여 물성을 측정한 결과 밀도는 $1g/cm^3$ 이하로 시판 세정제 보다 낮은 밀도를 보여 오염물의 유입 시 밀도가 급격히 커지는 것을 예상 할 수 있다. 또한 배합 세정제의 점도는 2cp이하이며 시판 세정제보다 낮은 점도를 나타냈다. 이것으로 인해 오염물이 세정 후 이동속도가 빠를 것으로 예상되며 표면장력은 22~24mN/m로 오염물에 대한 침투력이 좋을 것으로 판단되었다. 하지만 인화점이 11℃이하이기 때문에 화재의 위험이 있는 것으로 판단되어 이에 대한 고려가 있어야 할 것으로 판단되었다. 탄화수소계 용제의 상대적 용해력을 나타내는 값인 KB값이 모두 200이상을 나타내어 유기 오염물에 대한 용해도가 높을 것으로 추정되었으며 그 밖의 밀도, 점도, 표면장력, 인화점의 물성들은 거의 대등한 값을 나타내었다.

용매 G와 I의 배합을 50:50, 70:30, 30:70으로 하면서 첨가물을 cyclsiloxane A 5wt% 첨가하거나 cyclosiloxane B 5wt%를 첨가하여 실행한 실험 결과 플럭스(flux) 오염물에 대해 glycol계, iso-Paraffin계 용액의 혼합 비율이나 siloxane을 첨가 여부에 따른 세정 효율의 차이가 없이 모든 배합세정제의 세정성능은 4분 이내에 종결되는 높은 효율을 보였으며 용매 G와 I의 배합 비율을 50:50으로 실험한 결과를 Figure 1에 나타내었다.

전자제품의 납땀을 하는데 많이 사용 되는 물질인 솔더(solder paste)에 대한 세정성

능 평가에서는 용매 G와 I의 배합 비를 50:50, 70:30, 30:70으로 하면서 첨가물을 cyclsiloxane A 5wt%첨가하거나 cyclosiloxane B 5wt%를 첨가하여 실행한 결과 높고 안정적인 효율을 나타내었는데 용매 G와 I의 배합 비를 50:50으로 실행한 결과를 Figure 2에 나타내었다.

그리스(grease)에 대한 세정성능 평가를 실행한 결과는 Figure 3에서 보듯이 용매 G와 I의 배합 비율이 30:70의 세정제가 가장 좋은 세정 효율을 보였다. siloxane의 첨가에 따른 효율의 변화는 미비 하였으나 건조성이 매우 뛰어난 것으로 확인되었다.

플럭스에 대한 시판 세정제와 세정성능 비교에서 배합세정제와 시판 세정제의 효율이 모두 동등하게 나타났으며 그리스 세정에서는 30:70의 용매 배합비율에 cyclosiloxane B를 첨가한 세정제가 가장 높은 효율을 보였는데 이것을 Figure 4와 5에 나타내었다.

이 실험의 결과로 미루어 보아 현재 시판되고 있는 세정제와 동등한 세정효율을 보이며 건조성에서도 우수한 배합 세정제를 제조 하였으나 낮은 인화점에 대한 보완연구를 수행 후 현장에 적용하는 연구를 계속 진행할 예정이다.

참고문헌

1. 차안정, 시판 수계/준수계세정제의 세정성 및 환경성 평가연구, 수원대학교 (2003)
2. 신민철, 대체세정제의 적용 및 세정성 평가연구, 수원대학교 (1999)
3. 배재흠, 신민철, 산업세정제의 세정성 평가방법 적용사례, Clean Technology, 5(2), 1 (1999)

Table 1. 세정제의 물성

| 물성 | G : I = 50 : 50 | | | G : I = 70 : 30 | | | G : I = 30 : 70 | | | 대용품 A | 대용품 B | 대용품 C | 대용품 D |
|-------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | no additives 0wt% | cyclosiloxane A 5wt% | cyclosiloxane B 5wt% | no additives 0wt% | cyclosiloxane A 5wt% | cyclosiloxane B 5wt% | no additives 0wt% | cyclosiloxane A 5wt% | cyclosiloxane B 5wt% | | | | |
| 밀도 (g/cm ³) | 0.7974 | 0.7914 | 0.7947 | 0.8341 | 0.8386 | 0.8390 | 0.7407 | 0.7484 | 0.7500 | 0.9472 | 0.8874 | 0.8874 | 0.8455 |
| 점도 (cp, 25°C) | 1.33 | 1.33 | 1.32 | 1.34 | 1.30 | 1.48 | 0.96 | 1.15 | 0.80 | 5.0 | 4.5 | 4.5 | 3.5 |
| 표면장력 (mN/m, 25°C) | 22.23 | 22.70 | 22.70 | 24.43 | 24.17 | 24.10 | 22.63 | 22.80 | 22.53 | 28.5 | 21.8 | 21.8 | 22.2 |
| KV Value | >200 | >200 | >200 | >200 | >200 | >200 | 57.3 | 54.2 | 53 | >200 | >200 | >200 | 25 |
| 인화점 (°C) | <11.0 | <11.3 | <11.0 | <11.0 | <10.0 | <11.3 | <11.0 | <11.0 | <11.0 | 76 | 44 | 52 | 74 |
| 증기압 (KPa) | 14.9~15.0 | 14.4~14.5 | 13.4~13.5 | 12.2 | 20.2~20.3 | 13.6~13.7 | 13.0 | 15.3~15.4 | 13.7~14.0 | • | • | • | • |

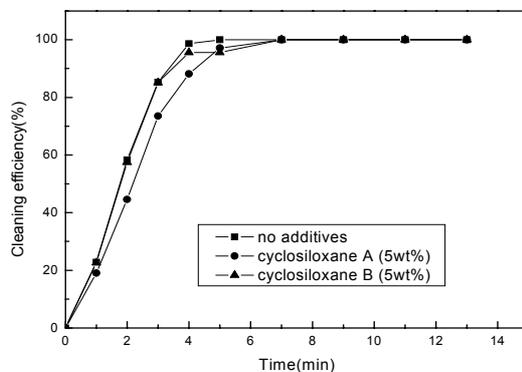


Fig 1. cyclosiloxane A 또는 cyclosiloxane B를 첨가 제조한 세정제의 Flux 세정성능

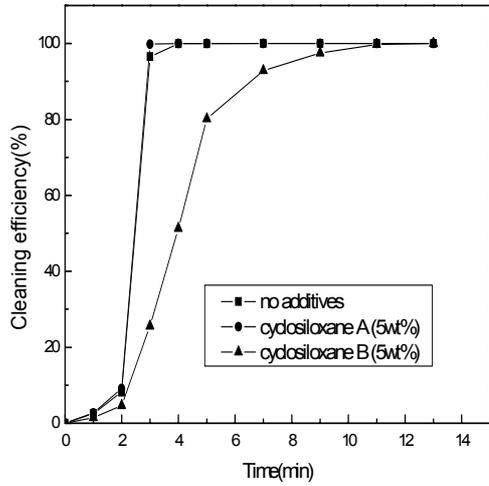


Fig 2. cyclosiloxane A 또는 cyclosiloxane B를 첨가 제조한 세정제의 Solder 세정성능

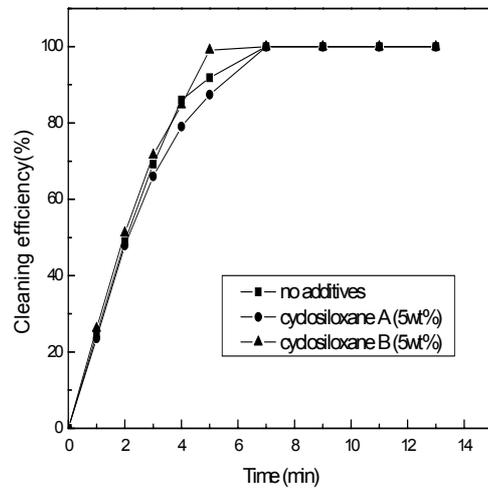
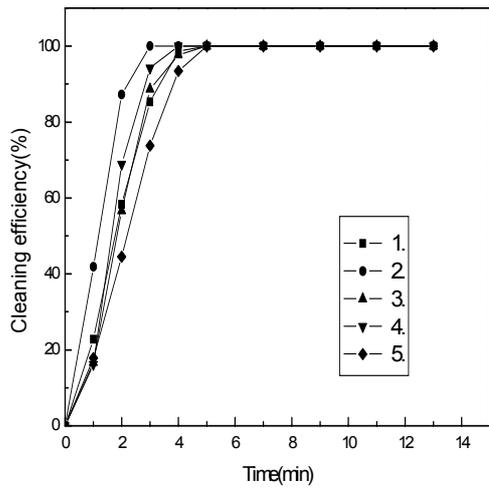
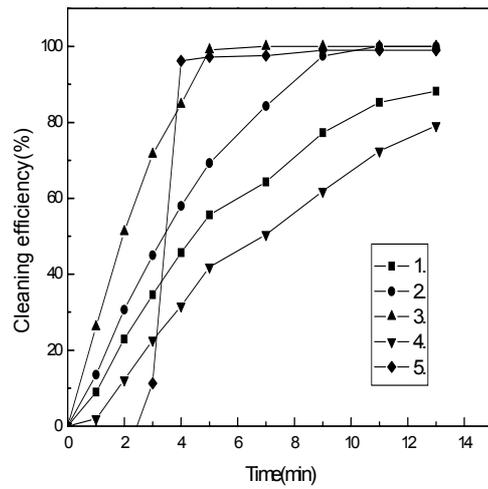


Fig 3. cyclosiloxane A 또는 cyclosiloxane B를 첨가 제조한 세정제의 Grease 세정성능



- 1. no additives (G:I=50:50)
- 2. cyclosiloxane A-5wt% (G:I=70:30)
- 3. cyclosiloxane B-5wt% (G:I=30:70)
- 4. 대응품 A
- 5. 대응품 B

Fig 4. 시제품 세정제와 시판세정제와 Flux 세정성능 비교



- 1. cyclosiloxane A-5wt% (G:I=50:50)
- 2. cyclosiloxane A-5wt% (G:I=70:30)
- 3. cyclosiloxane B-5wt% (G:I=30:70)
- 4. 대응품 C
- 5. 대응품 D

Fig 5. 시제품 세정제와 시판세정제와 Grease 세정성능 비교