

친환경 준용매계 세정제의 제조와 그 세정 특성

강두환[†] · 하순효 · 한종필 · 이병철 · 여학규 · 배장순* · 염규설**

단국대학교 재료화학시험연구소, *단국대학교 공업화학과, **해양경찰청
(2007년 1월 31일 접수, 2007년 3월 20일 채택)

Preparation and Cleaning Properties of Environmental Friendly Semi-Solvent Cleaning Agents

Doo Whan Kang[†], Soonhyo Ha, Jongpil Han, Byoung Chul Lee, Hak Gue Yeo, Jang Soon Bae*, and Kou-sul Yeum**

Institute of Material & Chemical Testing, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

**Department of Industrial Chemistry, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea*

***Korea Coast Guard, Incheon 406-741, Korea*

(Received January 31, 2007; accepted March 20, 2007)

나프텐계 탄화수소, terpene계 천연 용제, 계면활성제 및 물을 이용하여 친환경적 준용매계 세정제를 제조하고 이들의 물리적 특성과 flux 및 grease 오염물에 대한 세정효율을 측정하였다. 준용매계 세정제의 물성은 pH가 6.0~6.7의 약산성으로 중성에 가까운 값을 나타내었으며 표면장력은 27.4~28.4 dyne/cm의 값을 나타내었다. 또한 wetting index는 물이 소량 들어간 경우 8.65~12.46, 물이 들어가지 않은 경우 11.99~17.43의 값을 가졌으며 나프텐계 탄화수소 30 wt%, terpene계 천연 용제 45 wt%, 계면활성제 13 wt%, 보조계면활성제 12 wt%, 물 0 wt%의 조성으로 제조한 세정제가 17.43으로 가장 큰 값을 가졌으며 세정 효율 역시 flux에 대하여 98.64%, grease에 대하여 93.44%로 우수하였다. 전기 전도도는 소량의 물을 첨가한 경우 0.5~0.9 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 의 값을 나타내어 물이 용제 중에 균일하게 분산되어 있는 W/O형의 준용매계 세정제임을 확인하였다.

Semi-solvent type cleaning agents were prepared by mixing naphthenes, natural terpene oil, surfactant and water, and measured their physical properties. And also, cleaning efficiency for flux and grease was measured by gravimetric method. By measuring the physical properties, pH for cleaning agents were 6.0~6.7, surface tension, 27.4~28.4 dyne/cm, and wetting index, 8.65~12.46 (with water), 11.99~17.43 (without water). The cleaning agent composed of naphthene, 30 wt%, natural terpene oil, 45 wt%, surfactant, 13 wt%, co-surfactant, 12 wt%, and water, 0 wt% had the largest wetting index, and shown the most effective cleaning properties for flux (98.66%) and grease (93.44%). The conductivity with 0.5~0.9 $\mu\text{s}/\text{cm}$ to the cleaning agent containing small amount of water was found to form W/O type microemulsion.

Keywords: microemulsion, semi-solvent, cleaning efficiency, wetting index

1. 서 론

최근 전자 및 정밀기기산업이 고도로 발달함에 따라 세정에 대한 정밀도가 더욱 엄격해지고 환경문제로 인하여 현재까지 사용되고 있던 세정제에 대한 많은 제약이 따르게 되었다. 현재 이들 산업에서 주로 사용되고 있는 세정제로는 CFC 113 ($\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane), TCE (1,1,1-trichloroethane), MC (methylene chloride)와 같은 염소계 세정제로 이들은 세정력도 비교적 우수하고 불연성이며 오존파괴 지수도 낮아 많이 사용되고 있지만 작업상 배출 허용농도가 매우 낮고 발암 가능성이 있어 엄격한 관리가 요구되는 유해 세정제이다. CFC의 경우 2009년까지, 그리고 TCE는 2014년까지 사용이 허용되어 있다[1,2].

반도체 부품을 세정하는데 있어서 대체 세정제는 수계, 준수계, 탄화수소계, 알코올계, 불소계 등으로 구분할 수 있으나 알코올계 및 불소계 세정제는 CFC에 비하여 오존 파괴 위험은 적지만 많은 문제점이 제기되고 있고 수계 세정제의 경우 막대한 양의 세정 폐수가 발생됨으로써 2차 오염 물질이 나와 심각한 환경 문제가 되고 있다. 따라서 보다 효과적인 세정제는 준수계 및 탄화수소계로 이들을 대체하기 위한 많은 연구가 수행 되고 있다[3-8]. 본 연구에서 시도한 준수계와 탄화수소계를 모두 포함하는 준용매계 세정제의 장점으로는 탄화수소계 용제의 용해력에 의해 비교적 낮은 온도에서 중질유지의 제거가 가능하고 또한 수용성 오염물이나 flux 등의 오염물도 동시에 제거할 수 있다. 이와 같이 수용성 및 유용성의 오염물을 모두 제거할 수 있으며 일반적으로 중성이기 때문에 비철금속을 포함한 대부분의 금속 세정이 가능하다.

[†] 주 저자 (e-mail: kdoowh@dankook.ac.kr)

Table 1. Formulation of Semi-solvent Cleaning Agents

Sample	Component	PONP 10	PODE (EO5)	PODE (EO9)	EGBE	PSOE	D-L	Solvent L	Water	Total (wt%)
L408-1		10	3	-	20	5	19	40	3	100
L408-2		10	3	-	20	2	32	30	3	100
L408-3		10	-	3	10	2	42	30	3	100
L408-1F		10	3	-	20	5	22	40	-	100
L408-2F		10	3	-	20	2	35	30	-	100
L408-3F		10	-	3	10	2	45	30	-	100
L408-4F		10	-	3	10	5	32	40	-	100

본 연구에서 사용한 계면 활성제는 실리콘계로서 polydimethylsiloxane의 주사슬에 polyoxyalkylene이 그래프트 된 화합물로서 종래의 탄화수소계 계면활성제가 이용될 수 없던 많은 분야에 적용될 수 있는 특성을 가지고 있다. 이의 표면장력은 20 dyne/cm로 매우 낮아 수 용성과 비수용성에 모두 적용이 될 수 있는 특성을 갖는다. 이 화합물은 플라스틱과 같은 hydrophobic 표면에 대하여 극성 화합물을 잘 퍼 지게 함으로써 세정력을 증대시키는 역할을 하게 된다[9]. 따라서 본 연구에서는 정밀전자 및 반도체부품의 세정공정에서 친환경적이면서 세정효율이 높은 준용매계 세정제를 제조하고 그 세정력을 평가하기 위하여 에테르계의 계면활성제와 실리콘계의 보조 계면활성제, 가격이 저렴하면서 세정 효율이 매우 우수한 나프텐계 탄화수소 및 천연으로 얻어지는 terpene 용제를 사용하여 준용매계 세정제를 개발하고 이들의 물리적 특성과 세정 효율 등을 측정하였다.

2. 실험

2.1. 재료

세정제의 친환경적 천연 세정용제인 terpene oil (D-Limonene, Florida Chemical), 인체에 독성이 낮은 naphthene계 탄화수소인 solvent L (삼화유업(주)), 비이온 계면활성제인 polyoxyethylene nonylphenyl ether (EO10) (PONP-10, 동남합성), ethylene glycol monobutylether (EGBE, 동남합성)는 정제과정 없이 그대로 사용하였다. Isodecanol (협화발효공업(주))은 감압증류하여 사용하였으며 아세트산(Junsei Chem. Co.)은 금속 나프텐으로 처리하여 탈수 건조시킨 후 감압증류 하여 사용하였으며, 수산화칼륨(Junsei Chem. Co.)과 ethylene oxide (EO, 삼성중합화학)는 그대로 사용하였다. 실리콘계 계면활성제의 제조에 사용된 poly(dimethylmethylhydrogen)-siloxane (PMHS, \overline{M}_w : 1720), poly(ethylene glycol) (PEG-200, 덕산화학, \overline{M}_w : 200), Pt 촉매 (Degussa Co., PT-CS) 및 *p*-toluenesulfonic acid (TSA, TCI Co.)는 그대로 사용하였으며 methacrylic acid (MA, 덕산화학)과 tetrahydrofuran (THF, 덕산화학)은 사용 전 정제하였다. 세정성능을 평가하기 위한 오염물로는 베아링용 grease (EHS, 테크루브 사), flux로는 로진과 성분이 유사한 abietic acid (Aldrich 사)를 사용하였다.

2.2. Polydimethylsiloxane-g-polyoxyethylene Copolymer (PSOE)의 제조

교반기, 환류냉각기 및 질소도입기가 부착된 500 mL 3구 플라스크에 THF 100 mL와 PMHS 34.4 g을 가하여 용해시킨 후, MA 10.32 g과 Pt 촉매 0.004 g을 가하고 질소 기류 하, 50 °C에서 4 h 동안 수소

화 반응을 시켰다. 반응이 종결된 후, 80 °C에서 1 h 동안 진공 건조하여 용매와 미반응 MA를 제거하여 PMHS-MA를 제조하였다(수율 : 95%). 이후 교반기, 축합장치 및 질소도입기가 부착된 500 mL 3구 플라스크에 THF 100 mL와 PMHS-MA 20 g을 가하여 용해시킨 후, PEG-200 10.74 g과 TSA 0.03 g을 가하고 질소 기류 하, 75 °C에서 4 h 동안 반응시켰다. 반응이 종결된 후, 100 °C에서 1 h 동안 진공 건조하여 용매와 미반응 PEG-200을 제거하여 PSOE를 제조하였다(수율: 87%).

2.3. Polyoxyethylene Decyl Ether (PODE)의 제조

자석교반장치, 압력계, 안전밸브, 온도 측정장치, 가열기 및 가스도입 및 배출 장치가 부착된 고온고압 반응기에 isodecanol 1몰과 촉매로서 수산화칼륨 0.56 g을 넣었다. 반응기의 온도를 상승시키며 질소 가스를 3~4회 순환시켰고 수분을 제거하기 위해 110~120 °C에서 감압상태로 10 min간 유지시켰다. 수분이 존재하면 PEG의 부반응물이 생성된다. 반응온도를 155 °C까지 올리고 EO 3몰을 질소가스 1 kg/cm²의 압력으로 가압하여 반응기에 주입시켰다. 반응압력을 8~9 kg/cm²으로 유지하고 1.5 h 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 후 20~30 min 동안 숙성시키고 실온까지 반응물을 냉각시킨 후 아세트산 0.56 g을 넣어 중화시켜 점성의 액체인 반응생성물 PODE-3을 얻었다(수율: 92%). 반응물인 EO의 몰수를 5, 9 mol로 가하고 동일한 방법으로 각각 반응시켜 PODE-5 및 PODE-9를 각각 얻었다.

2.4. 준용매계 세정제의 제조

준용매계 세정제의 배합은 Table 1에 주어진 조성 비율에 따라 혼합하여 제조하였다. 이를테면, 1 L 반응기에 PONP-10, PODE, terpene oil을 조성 비율에 따라 가하고 1 min 동안 교반해 준 다음 solvent L 과 비이온 계면활성제인 PSOE를(2, 5 wt%) 가하여 30 sec 동안 격렬히 교반하였다. 이 용액에 물을(0, 3 wt%) 가하고 상이 안정해질 때까지 2~5 min 동안 교반하였다. 교반은 상온에서 행하였고 교반기는 Agitator Advantec MZ 200 mixer (Impellar 직경 3.5 cm, Midjet stirrer)를 사용하였으며 200~300 rpm의 속도로 교반하여 제조하였다.

2.5. 물성 측정

점도는 Cannon Fenske Routine 점도계(S4, Cannon Instrument Co.)를 이용하여 25와 40 °C의 온도에서 각각 3회 측정하여 평균값으로 하였다. 표면장력은 표면장력계(514-A, Itoh Seisakusho 사)를 사용하여 상온에서 측정하였으며 전기 전도도는 전기 전도도계(HI 8033, Hanna Instrument 사)를 이용하여 상온에서 측정하였다. 밀도는 워든

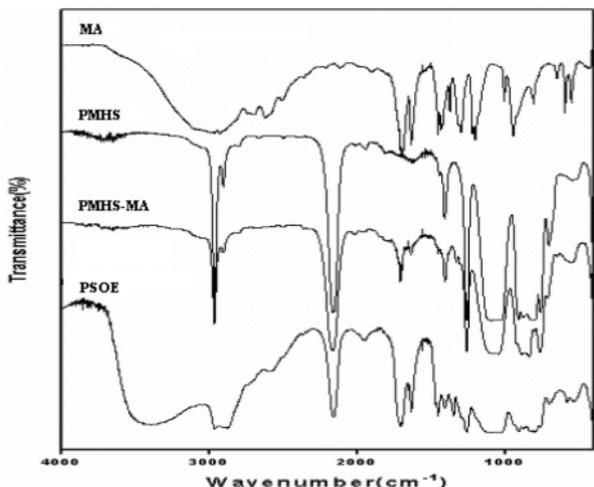
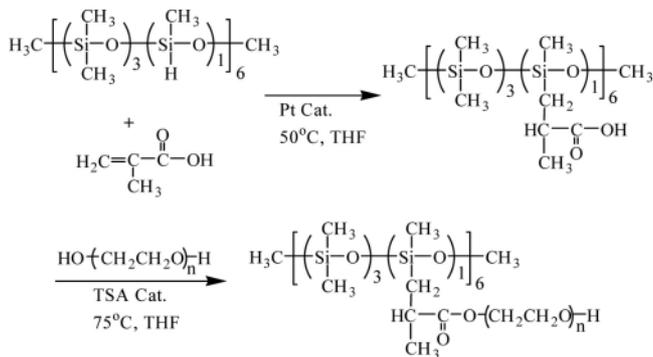


Figure 1. FT-IR spectra of PSOE.



Scheme 1. Preparation of PSOE.

비중병을 이용하여 상온에서 5회 측정된 평균값을 온도에 맞게 환산하였다. 습윤지수(wetting index)는 점도, 표면장력, 밀도로부터 다음 식을 이용하여 계산하였다[10].

$$\text{Wetting Index} = \frac{\text{Density} \times 1000}{\text{Viscosity} \times \text{Surfacetension}}$$

2.6. 세정성능 평가

본 세정제에 대한 세정성 평가는 일반적으로 사용되고 있는 중량법을 이용하여 측정하였다. 세정성 실험에서 시편으로는 슬라이드 글라스를 이용했으며 오염물로는 flux의 주성분인 abietic acid와 grease를 사용하였다. Flux 2 g을 isopropyl alcohol 10 mL에 녹여 시편 한 면에 1 mL씩 도포하였고 상온에서 1 h, 80 °C에서 6 h 건조시켜 flux를 완전히 고착시켰다. 그리스는 적당량을 시편에 균일하게 도포한 뒤 상온에서 장시간 건조시켜 사용하였다. 세정방법은 세정액을 상온에서 일정시간 별로 침적시키고 꺼낸 후 열풍 건조하여 세정액을 완전히 제거한 후 데시케이터에서 일정시간 보관하여 외부영향을 받지 않을 때 시편의 잔류 오염물량을 0.1 mg 단위로 측정하였다. 세정효율은 세정 전에 시편에 도포된 오염물의 양과 세정후의 시편에 잔류한 오염물의 양을 세정 시간에 따라 무게로 측정하여 다음의 식으로부터 구하였다.

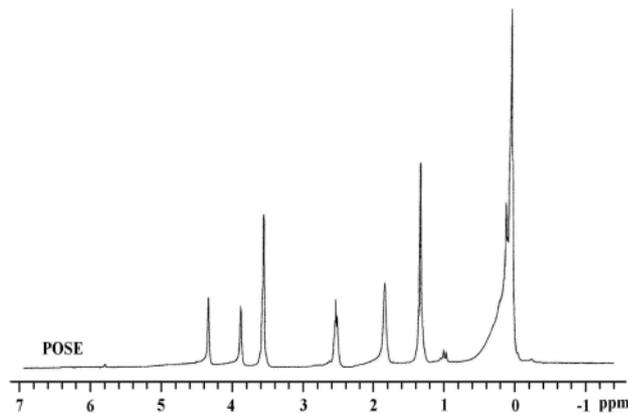


Figure 2. ¹H-NMR spectra of PSOE.

세정효율(%) =

$$\frac{\text{시편에 도포된 초기 오염량} - \text{세정 후 잔류 오염량}}{\text{시편에 도포된 초기 오염량}} \times 100$$

2.7. 기기분석

적외선 흡수 스펙트럼은 적외선 분광광도계(Shimadzu FT-IR 8400)를 사용하여 측정하였으며, 자외선 흡수 스펙트럼은 자외선 분광광도계(Shimadzu UV 2450)를 이용하여 측정하였다. 운점은 KSMISO 1065로 25 °C에서 그리고 수분은 KSMISO 4317로 측정하였다.

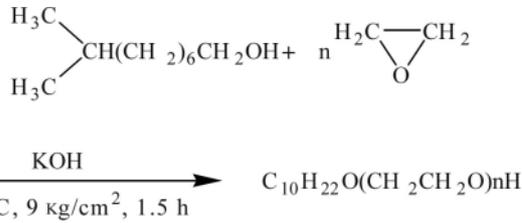
3. 결과 및 고찰

3.1. PSOE 비이온 계면활성제의 제조

PMHS와 MA를 수소화 반응시켜 PMHS-MA 그래프트 copolymer를 제조하였으며 이들의 구조 확인을 위하여 FT-IR을 측정하고 그 결과를 Figure 1에 나타내었다. Figure 1의 PMHS-MA에 대한 IR 측정결과를 보면 Si-O-Si에 기인한 흡수 피이크가 1100 cm⁻¹, Si-CH₂에 기인한 흡수 피이크가 1400, 1200 cm⁻¹, carboxyl기의 C=O에 기인한 흡수 피이크가 1600 cm⁻¹에서 나타나 합성이 잘되었음을 알 수 있었다. 이렇게 합성된 PMHS-MA 그래프트 copolymer를 PEG-200와 합성하여 PSOE를 제조하였으며, 이들의 구조 확인을 위하여 FT-IR과 ¹H-NMR을 측정하고 그 결과를 Figure 1과 2에 나타내었다. Figure 1의 POSE에 대한 IR 측정결과를 보면 -OH에 기인한 흡수 피이크가 3500 cm⁻¹에서, -COO-에 기인한 흡수 피이크가 1720 cm⁻¹에서 나타났으며 Figure 2의 NMR 측정결과를 보면 Si-CH₂-, 1.81 ppm, -CH₂-CH₂-, 1.35 ppm에서 나타났으며 4.37 ppm에서 -OCH₂CH₂-에 기인한 피이크가 나타나는 것으로 보아 PSOE의 제조가 잘 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

3.2. PODE 비이온 계면활성제의 제조

Isodecanol과 EO를 부가반응시켜 각각 EO가 3, 5, 9몰이 부가된 PODE를 합성하였다. Isodecanol에 EO가 부가되어 PODE가 생성되는 반응을 Scheme 2에 나타내었으며 PODE의 특성을 보고자 수분, pH, 운점, 그리고 PEG 함량을 각각 측정하였고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 보면 EO의 부가 몰수를 3, 5, 9몰로 하여 합성한 PODE는 pH가 9.4와 9.7로 모두 약알칼리성을 나타내었으며, 운점은 부가 몰수가 증가함에 따라 높아지는 것으로 나타났다. 수분함



Scheme 2. Preparation of PODE.

Table 2. Physical Properties of PODE

Added EO(mol)	Items			
	pH	Cloud point (°C)	PEG content (%)	Water content (%)
3	9.4	2.8	0.3	0.05
5	9.7	8.9	0.5	0.08
9	9.7	14.9	0.5	0.08

량은 0.05와 0.08%로 매우 낮으며, 부반응물인 PEG 생성량도 0.3과 0.5%로 매우 낮아 중합이 잘 되었음을 알 수 있었다. 본 반응에서 isodecanol에 EO가 3, 5, 9몰이 각각 부가되었는가를 확인하기 위하여 FT-IR을 측정하고 그 결과를 Figure 3에 나타내었다. IR 결과를 보면 에테르결합의 C-O-C 신축 진동에 기인된 흡수가 1150 cm⁻¹에서 나타나는데 EO 부가물의 양이 증가됨에 따라 더 크게 나타나고 있으며 또한 1450 cm⁻¹에서 나타나는 -CH₂- 흡수 피이크도 약간씩 증가되고 있음을 알 수 있다. 또한 말단 1급 알코올의 C-OH 신축 진동에 기인된 흡수 피이크는 3300 cm⁻¹에서 나타나는 것으로 보아 EO 3, 5, 9몰이 부가된 것을 확인할 수 있었다.

3.3. 세정제의 물성

비이온 계면활성제의 특성은 용매 중에서 이온화 시키지 않고 대상 물들의 계면을 활성화시켜 오염물들을 제거할 수 있는 성질을 가지고 있으며 계면활성제 자체가 친수성과 소수성의 특성을 가지고 있어 다양한 오염물들을 제거하는데 적용할 수 있다. 비이온 계면활성제의 친수성 및 소수성을 나타내는 값으로는 HLB (hydrophile-liphophile balance) 값이 있는데 이 값이 클수록 친수성은 증가되고 소수성은 감소하는 의미를 갖는다. 본 연구에서 제조한 준용매계 세정제는 비이온 계면활성제 및 보조계면활성제, terpene oil, 나프텐계 탄화수소 및 물을 여러 조성 비율로 조절하여 제조하였으며 제조한 세정제들에 대한 물성을 측정하고 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 표에서 보면 pH는 물이 3 wt% 함유되어 있는 L408-1~3의 경우 6.0~6.2, 물이 전혀 함유되어 있지 않은 L408-1F~4F의 경우 6.1~6.7로 모두 약산성을 나타내었으며 표면장력은 L408-1~3의 경우 28.4 dyne/cm, L408-1F~4F의 경우 27.4~27.9 dyne/cm의 값을 나타내었다. 나프텐계 탄화수소 및 terpene oil의 함량이 60~75 wt% 내외로 함유되어 있어 이들 모두 비슷한 표면장력을 나타내었으나 물이 함유되어 있지 않은 경우 27.4~27.9 dyne/cm로 약간 낮은 값을 나타내었다. Terpene oil계 세정제의 밀도는 나프텐계 탄화수소의 밀도보다 약간 높고 휘발성이 낮은 것으로 알려져 있어 이들 두 성분을 주축으로 한 세정제의 경우 기타 세정용제에 비하여 표면장력이 낮고 또한 실리콘계 비이온성 계면활성제를 사용함으로써 표면에 극성화합물의 분산력을 증대시키는 효과를 가져와 표면의 오염물에 대한 세정효과가 매우 우수한 것으로

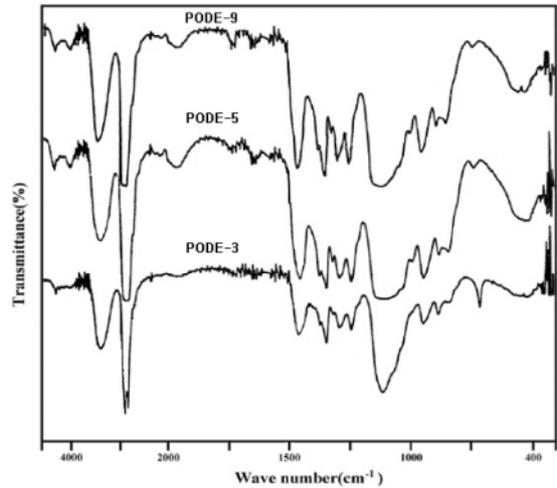


Figure 3. FT-IR spectra of PODE.

판단된다. 다만 terpene oil 함량이 증가 된 L408-2와 3의 경우 인화점이 61~61.5 °C로 L408-1의 60.1 °C에 비해 약간 증가되어 나타났다. 또한 물이 3 wt% 함유된 L408-1~3의 경우 60.1~61.5 °C에서 물이 전혀 함유되어 있지 않은 L408-1F~4F의 60.1~61 °C를 나타내어 큰 차이를 보이지 않았다. 세정제의 상거동을 확인하기 위하여 측정된 전기 전도도는 L408-1~3의 경우 0.5~0.9 μs/cm로 이는 수돗물의 기준인 50 μs/cm 보다 낮음으로서 소량의 물이 용제 중에 균일하게 분산되어 있는 W/O 형태의 준용매계 세정제임을 알 수 있었다[10]. 전도도 시험 값 중 L408-1F~4F의 값이 약간 낮게 나타나는 것은 L408-1~3의 경우가 물을 3 wt% 함유하고 있어 상대적으로 용제의 양이 적어 약간 높게 나타나는 것으로 판단된다. 또한 제조한 세정제의 점도는 25 °C에서 1.78~3.54 cP를 나타내었다. 이들에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 보조 계면활성제로 사용되는 EGBE와 PSOE의 함량이 증가될수록 점도는 감소하였는데 이는 주성분이 탄화수소와 siloxane의 구조로 이루어져 있기 때문에 본 세정 성분 시스템에서 소수성으로 작용하여 마이셀의 거동을 보다 원활하게 하기 때문인 것으로 판단된다. 세정조성물 L408-1~3의 경우는 동점도가 2.43~3.54 cP, L408-1F~4F의 경우 1.78~2.57 cP를 나타내고 있어 세정 공정에 있어서 오염물을 쉽게 분해 시켜 세정해 낼 수 있는 것으로 판단된다. 습윤력은 오염물에 대한 침투력 및 분해 능력을 객관적으로 판단할 수 있는 자료로서 이 값이 높을수록 세정 성능이 높은 것으로 알려져 있다. 각 시료에 대하여 측정된 결과를 Table 4에 나타내었다. Table 4에서 보면 L408-1~3, L408-1F~4F의 습윤지수가 8.65~12.46, 11.99~17.43을 나타내어, L408-3F의 경우 17.43으로 가장 높은 값을 나타내었으며 이 시료가 세정성이 우수할 것으로 사료되었다. 본 연구에서 제조한 terpene oil 및 나프텐계 탄화수소 조성물의 경우 비교적 낮은 점도와 낮은 표면장력, 저밀도, 낮은 전기 전도도, 높은 습윤지수를 나타내어 전형적인 W/O 마이크로에멀전형 준용매 세정제의 특성을 가지고 있는 것으로 판단되었다.

3.4. 중량법 및 UV, FT-IR 측정에 의한 세정력 평가

시험편에 오염물인 flux를 도포한 다음 L408-4F 세정제로 5 min간 세정한 다음 세정 전과 세정 후의 FT-IR을 측정하고 그 결과를 Figure 4에 나타내었다. 그림에서 보면 세정 전에는 flux의 주성분인 abietic acid에 기인된 CH₃의 흡수 특성 피이크가 2940 cm⁻¹, C = O, 1690

Table 3. Physical Properties of Semi-Solvent Cleaning Agents

Sample	surface tension (dyne/cm)	Density (g/cm ³ , 25 °C)	Kinematic viscosity(cSt)			Wetting index	pH	Electronic conductivity (μs/cm)	Flash point (°C)
			25 °C	25 °C (cP)	40 °C				
L408-1	28.4	0.87	4.07	3.54	3.17	8.65	6.1	0.9	60.1
L408-2	28.4	0.86	2.82	2.43	2.25	12.46	6.2	0.6	61
L408-3	28.4	0.86	3.44	2.96	2.43	10.23	6.0	0.5	61.5
L408-1F	27.9	0.86	2.99	2.57	2.25	11.99	6.4	0.2	60.1
L408-2F	27.7	0.86	2.39	2.06	1.85	15.07	6.7	0.2	60.5
L408-3F	27.4	0.85	2.09	1.78	1.73	17.43	6.1	0.1	61
L408-4F	27.4	0.85	2.81	2.39	2.18	12.98	6.2	0.1	60.1

Table 4. Wetting Index of Cleaning Agents

Sample	Wetting index	Sample	Wetting index
L408-1	8.65	L408-1F	11.99
L408-2	12.46	L408-2F	15.07
L408-3	10.23	L408-3F	17.43
-	-	L408-4F	12.98

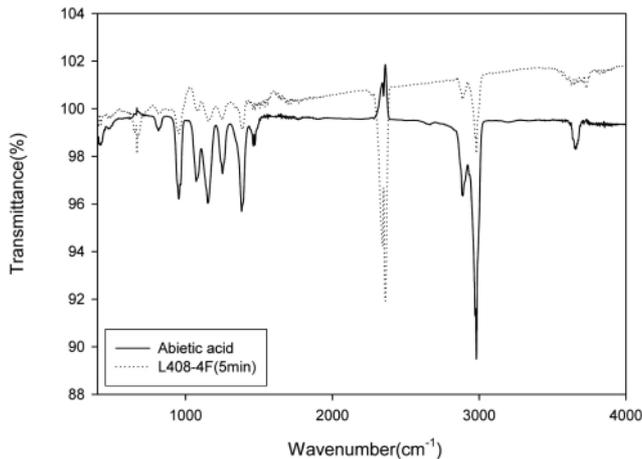


Figure 4. FT-IR absorption spectra for flux in isopropyl alcohol.

cm⁻¹, 1280 cm⁻¹에서 강하게 나타나고 있으나 5 min간 세정 후에는 이들 피크가 급격히 줄어들어 세정이 잘 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 제조한 시료에서 습윤지수가 17.43으로 가장 높은 L408-3F 세정제를 사용하여 1, 3, 5 min간 세정한 다음 오염물의 변화를 UV로 측정하고 그 결과를 Figure 5에 나타내었다. Figure 5에서 보면 flux의 주성분인 abietic acid의 최대 흡수 파장인 241 nm에서 나타났으며 1 min 및 5 min 세정 후의 잔류 오염물에 대한 측정 결과를 보면 흡수 피크가 현저하게 감소되고 있는 것으로 보아 세정이 잘 이루어졌음을 알 수 있다.

중량법을 통한 세정성 평가는 슬라이드 글라스에 오염물로 flux와 grease를 사용하여 세정 시간에 따른 잔류량을 측정하고 그 결과로부터 세정성을 평가하였다. 이들의 측정결과를 요약하여 Table 5에 나타내었다. 표에서 보면 flux 오염물에 대해 L408-1~3의 경우 95.51~98.52%, L408-1F~4F는 96.64~99.56%의 세정성을 나타내었고

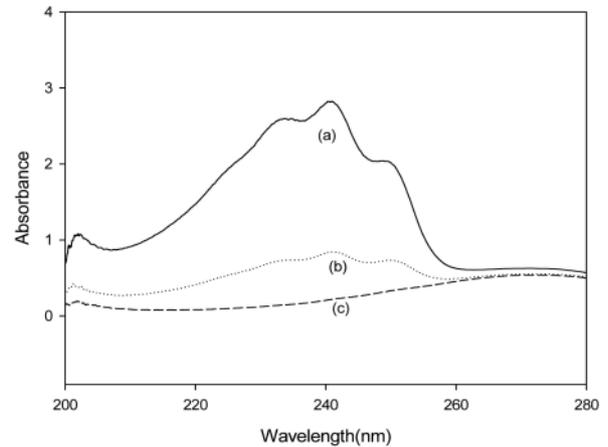


Figure 5. UV absorption spectra for flux in isopropyl alcohol. (a) After cleaning for 1 min with L408-3F. (b) After cleaning for 3 min with L408-3F. (c) After cleaning for 5 min with L408-3F.

grease에 대해서는 89.95~92.73%와 91.43~95.30%의 세정 특성을 나타내어 flux에 대해서 5 min 세정 후 90% 이상의 세정능을 그리고 grease에 대해서 10 min 세정 후 90%의 세정능을 나타내었다.

4. 결 론

생분해성이 우수한 POEN과 PODE 계면활성제, 천연물계 용제인 terpene oil, 인체 독성이 없으면서 세정 효율이 우수한 나프텐계 탄화수소인 solvent L, 보조계면활성제로 표면 분산능이 우수한 PSOE 및 마이크로에멀전 생성에 역할을 하는 EGBE를 사용하여 친환경 특성을 갖는 준용매계 세정제를 제조하였으며 이들에 대한 물성 및 세정력 등을 측정하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 표면 침투성 및 분산능이 우수한 실리콘계 계면활성제 (PSOE)는 PMHS와 MA를 50 °C에서 4 h 반응시킨 다음 polyethylene oxide를 그라프트시켜 제조하였다.
- 2) Isodecanol과 ethylene oxide를 155~160 °C, 8~9 kg/cm²의 압력 하에서 부가 반응시켜 ethylene oxide가 3, 5, 9 몰이 부가된 polyoxyethylene decyl ether계 계면활성제(PODE)를 제조하였다.
- 3) L408-1~3의 점도는 2.43~3.54 cP, 표면장력은 28.4 dyne/cm로 비교적 낮은 값을 나타내었으며 전기 전도도는 0.5~0.9 μs/cm를 나타내어 전형적인 W/O계 세정제임을 알 수 있었다. 습윤지수는 8.65~12.46로 우수하였다.

Table 5. Cleaning Efficiency for Flux and Grease

Sample	Flux (min)			Grease (min)		
	1	3	5	2	5	10
L408-1	36.10	75.95	95.67	72.01	77.89	90.52
L408-2	66.14	96.38	98.52	72.44	81.28	92.73
L408-3	44.84	77.20	95.51	71.49	78.85	89.95
L408-1F	32.90	85.76	99.56	73.56	87.71	92.93
L408-2F	71.88	95.55	98.79	75.54	92.10	95.30
L408-3F	46.25	86.32	98.64	70.65	88.66	93.44
L408-4F	36.87	87.66	96.64	72.66	79.57	91.43

4) Flux에 대한 세정력의 측정 결과 L408-1F를 사용하여 5 min간 세정한 후의 오염물 제거율은 99.56%로 우수하였다.

5) Grease에 대한 세정력의 측정 결과 L408-2F를 사용하여 10 min간 세정한 후의 오염물 제거율은 95.30%로 우수하게 나타났다.

감사의 글

본 논문은 2006년도 환경부 차세대핵심 환경기술개발사업의 연구비에 의하여 연구되었기에 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 최형기, 02년도 오존층 파괴 물질 사용 합리화 대책 기술 세미나, 산업자원부 기술표준원, 한국정밀화학공업진흥회, 서울, p. 7-23 (2002).
2. 통상산업부 화학생활공업과, 오존층 보호 법령 자료집, 증보판, 한국정밀화학공업진흥회, p. 7-36 (1996).
3. A. C. Greene, R. D. Cormia, and Q. T. Philips, Evaluating Cleaning Efficiencies of CFC Replacement Systems in the Disk-Drive Industry Using Surface Analytical Techniques, Micro-contamination, Canon Communications (1992).
4. J. H. Bae and M. C. Shin, *Clean Technology*, **5**, 1 (1999).
5. C. P. Wong Fellow, W. O. Gillum, R. A. Walters, P. J. Sakach, D. Powell, and B. Bivins, *Transactions on Components Packing and Manufacturing Technology*, **19**, 119 (1996).
6. Y. Shibano, The 1993 International CFC and Halogen Alternatives Conference Stratospheric Ozone Protection for 90's, 401 (1993).
7. L. B. Rex, A Guide to Activated Carbon for Semi-Aqueous Processing, *Precision Cleaning*, 29 (1994).
8. H. Y. Lee, J. W. Han, M. J. Lee, B. D. Park, S. W. Han, D. K. Lee, S. W. Park, I. G. Hwang, and J. H. Bae, *J. Korea Ind. Eng. Chem.*, **14**, 143 (2003).
9. M. J. Owen, Interfacial Activity of Polydimethylsiloxane, K. L. Mittal and P. Bothorel (eds), *Surfactant in Solution*, Plenum, New York, 1577 (1986).
10. K. Barbara, Microemulsion, *Handbook of Detergents*, 253 (1998).