CLEAN TECHNOLOGY, SUMMER. 2004. 6(2) pp. 61-72

수계/준수계 세정제의 개발 및 전자부품 세정공정 현장적용 연구

김한성 · 차안정 · 배재흠† · 이호열* · 이명진* · 박병덕*

우)445-743 경기도 화성군 봉담읍 와우리산2-2 수원대학교 화학공학과
*(주) 네오팜

(접수일자 : 2004. 5. 27 / 채택일자 : 2004. 6. 22)

Development of Aqueous/Semi-Aqueous Cleaning Agent and its Field Application to Cleaning Process of Electronic Parts

Han-Seong Kim, An-Jeong Cha, Jae-Heum Bae† ,
Ho-Yeoul Lee, Myung-Jin Lee*, Byeong-Deog Park**

† Department of Chemical Engineering, The University of Suwon, Suwon 440-600, Korea
**Neopharm, Co., Ltd., Daejeon 306-020, Korea*

요 약

본 연구에서는 물성, 세정성, 헹굼액의 유수분리성을 고려하여 유기용매의 종류 및 함량, 계면활성제의 종류 및 함량, 보조계면활성제/계면활성제 (cosurfactant/surfactant, A/S) 비율 등의 변수로 하여 수계/준수계 세정제를 개발하였다. 개발된 세정제들은 대부분 평균 액적크기가 10 ~ 20 nm의 미세 나노입자를 형성 하였으며, 30.2~32.5 dyne/cm의 낮은 표면장력과 낮은 점도 값을 보여 주었다. 플럭스에 대한 용해력은 계면활성제의 소수성이 증가할수록 높게 나타났으며 terpene을 함유한 세정제들이 hydrocarbon 함유 세정제와 대응 시판세정제에 비해 우수한 용해력을 보여 terpene계 세정제가 대체세정제로의 적합성을 보여주었다. 또한, 개발된 세정제들을 함유한 헹굼액은 시판세정제에 비하여 우수한 유수분리성을 보여 헹굼액의 재활용이 가능하여 경제적인 부담과 수질오염을 줄일 수 있음을 보여주었다.

그리고 이렇게 개발된 세정제를 L 전자 회사의 전자부품 생산라인 SMT(surface mount technology) 세정공정에 적용시켜 보았다. 그 결과 solder cream 제거에 있어서 에탄올, 이소프로필알콜(IPA), glycol ether과 같은 물질이 함유된 기존의 세정제에 비하여 세정성능이 2 배이상 향상되었고 생산현장에서 악취와 VOC의 문제를 해결시킬 수 있었다.

ABSTRACTS : In this study, aqueous/semi-aqueous cleaning agents which consist of organic solvent, surfactant, cosurfactant, and water were developed by changing formulation parameters such as organic solvent type and contents, surfactant type and contents, and cosurfactant/surfactant(A/S) ratio, etc.. And

† corresponding author : jhbae@suwon.ac.kr

physical properties and flux removal of the formulated cleaning agents have been evaluated. Also, the performance of oil-water separation from the rinse water contaminated during the cleaning process was evaluated for its recycling. The formulated cleaning agents in this work were expected to have good penetration because of their low viscosity and low surface tension values of 30.2~32.5 dyne/cm. The flux removal with the terpene type cleaning agent was higher than that with hydrocarbon type cleaning agent and two commercial products (CPA(commercial product A), CPB(commercial product B)). And the performance of oil-water separation by gravity settling from the rinse water contaminated with formulated cleaning agent and soils was shown to be very good.

The cleaning agents developed in this work were applied to surface mounting technology(SMT) cleaning process for manufacturing electronic parts at L electronic company. As a result, the newly developed cleaning agents showed two times better cleaning speed for removal of solder cream than the conventional one containing ethanol and IPA(isopropyl alcohol). In addition, malodor and VOC problems generated by the previous organic cleaning agents have been solved in the manufacturing field through introduction of the non-volatile and environmental-friendly cleaning agents to the field.

1. 서 론

대부분의 산업분야에서는 제품의 품질을 향상시키거나 작업공정 중에 불필요한 이물질을 제거하기 위해서 여러 종류의 세정제들을 사용하고 있다. 이들 세정제들 중 CFC-113과 1,1,1-trichloroethane (1,1,1-TCE)와 같은 염소계 세정제들은 피세정물의 재질에 대한 영향성이 양호하고 다양한 오염물질에 대하여 높은 용해성을 지니고 있어 자동차, 전기, 전자, 정밀기기, 열처리, 도금 등의 많은 산업 분야에서 사용되어 왔다. 그러나 이러한 세정제들은 성층권의 오존층 파괴문제로 1987년 몬트리올 의정서가 채택됨으로써 국제적인 사용 규제가 시작되어 선진국에서는 이미 그 사용이 금지되어 왔다. 이로 인해 환경과 인체에 유해한 세정제를 환경친화적인 대체세정제로의 전환이 불가피하게 되었고 여러 가지 대체세정제가 개발되어 왔다. 이들 대체세정제 중 탄화수소계 세정제는 일반적으로 표면장력이 낮아 미세한 부분을 가진 피세정물에 침투성이 좋으며, 유기오염물에 대한 세정력이 우수하나 기타 세정제에 비해 인화성이 높아 사용시 화재의 우려가 있으며, 건조성이 낮아 기존의 세정설비를 사용할수 없어 장치교환 및 보완이 요구되기 때문에 경제적인 부담이 불가피하다. 대체세정제로서 이러한 탄화수소계 세정제의 단점으로 인하여 그 중에서 특히, 수계/준수계 세정제가 안전성이 높고 환경친화적인 세정제로 미국, 일본 등 선진국에서 각광을 받고 있고 세정성능 향상에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다 [1-9]. 구체적인 실례로서 JICOP(일본 오존층 보호 대책 산업협의회)의 조사자료에 의하면 1,1,1-TCE와 CFC-113의 대체사례는 수계/준수계 세정제가 68%, 용제계가 24%, 무세정정화가 8%로 대체가 진행되고 있어, 전세계적으로 볼 때 수계/준수계 세정제의 중요도가 커짐을 알수 있으며 국내에서도 이 방향으로 대체가 진행되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 수계/준수계 세정제를 물성, 세정성, 헹굼액의 유수분리성을 고려하여 개발하였고 이를 전자부품산업의 SMT(surface mounting technology) 세정공정에 적용하여 보았다.

2. 실 험

2.1 세정제의 개발 및 물성/세정성/유수분리성 평가

본 연구에서 수계/준수계 세정제 배합에 사용한 계면활성제들은 HLB(hydrophilic lipophilic balance) 값이 6.2~13.4인 polyoxyethylene alkyl ether류의 비이온계면활성제들 (LAE series, 호남석유화학, Korea)을 별다른 정제과정 없이 그대로 사용하였다. 세정제의 오일성분으로는 terpene type oil (TO, 한불화농,

Korea), isoparaffin type oil (IO, SK, Korea), hydrocarbon type oil (HC, 애경정밀, Korea)을 사용하였으며, 보조계면활성제로서는 고급알코올인 butyl diethylene glycol ether (Kyowa Hakko Co., Japan)를 사용하였다. 그리고, 세정성능 평가 대상물질인 오염물로는 오일류와 플럭스를 사용하였는데 오일류로는 절삭유 (Cutmax 226, 한국하우톤, Korea), 왁스 (EC78, 범우화학, Korea) 등을 사용였으며 플럭스로는 abietic acid (Aldrich, USA)를 사용하였다.

세정제의 배합은 비이온 계면활성제/물/D-limonene/보조계면활성제를 종류 및 함량을 변화시켜 혼합용액을 제조한 후, 와류믹서로 3000 rpm 조건으로 약 30초간 교반하여 microemulsion type의 세정제를 배합하였으며 72종의 조성물들 중 60 ℃의 일정온도에서 10일 동안 보관하여 상분리(phase separation)가 되지 않는 56종의 조성물들을 사용하였다. 이렇게 배합된 세정제의 주요 물성인 표면장력, 점도, 전기전도도, 밀도 등을 측정하였다. 표면장력, pH, 전기전도도, 밀도는 25 ℃의 온도조건에서 5회 측정하여 평균값을 채택하였으며 점도는 온도에 따라 viscosity meter (Brookfield, LVDVⅡ+CP, USA)를 이용하여 측정하였다 이들 배합된 세정제에 대한 구체적인 내용은 여러 논문에서 발표된 바 있다[10, 11].

개발된 수계/준수계 세정제들의 플럭스에 대한 순수 용해력을 측정하기 위해서 단순 침적세정법을 선택하여 실험을 수행하였다. 또한, 수계/준수계 세정제들의 배합조건 변수 중 A/S 비율, 계면활성제의 종류, 계면활성제 및 오일의 함량, 오일의 종류 등을 용해력 실험의 독립변수로 설정하여 각각에 대한 용해력의 변화를 고찰하였으며 이의 결과 값을 준수계 세정제로 시판 중인 해외 제품(CPA, CPB)과 상호 비교·평가하였다. 배합된 세정제들 중 온도변화에 따른 상의 안정성과 물성평가의 결과로부터 대표적인 세정제를 선정하여 여러 오염물질(플럭스, 절삭유, 왁스)에 대하여 Table 1과 같은 조건으로 세정성 평가 실험을 수행하였다. 우선 침적세정은 100ml 메스실린더에 제조한 세정액을 45ml를 첨가한 후 일정한 시간을 정해두고 오염된 피세정물을 세정액에 넣었다 빼어 헹굼과 건조 3단계의 과정으로 오염물이 도포된 피세정물을 세정하고 난후 세정전후의 무게차를 이용한 중량법을 이용하여 평가하였다. 또한 스프레이 세정은 오염된 피세정물을 일정시간동안 분무한 후 헹굼과 건조 과정을 거친후 무게를 측정하거나, image analyzer (WIN-N-95, 윈어스 테크놀로지, Korea)를 이용하여 피세정물의 표면에 잔존해 있는 오염물질의 이미지 분석을 통해 오염정도를 확인하는 방법으로 세정성능을 평가하여 이의 결과 값들을 대응품의 세정성능과 비교해 보았다[5, 10, 11].

세정제와 유분함유 헹굼액의 유수분리 실험은 증류수에 플럭스의 주성분인 abietic acid를 각각 3 wt % 씩 함유한 세정폐액을 전체 헹굼액 대비 3 wt %, 10

Table 1. Experimental conditions for cleanliness evaluations

Cleaning agent		Formulated cleaning agents , Commercial products			
Soil		Flux		Cutting oil	Wax
Substrate(size)		SUS 304/glass (25×75×2 mm)		SUS 304 (25×75×2 mm)	SUS 304 (25×75×2 mm)
Cleaning method	Cleaning stage	Immersion cleaning (20 min, 40 ℃)		Immersion cleaning (60 sec, 40 ℃)	Immersion cleaning (20 min, 40 ℃)
	Rinsing stage	Immersion rinsing (5 min, 40 ℃)		Immersion rinsing (40 sec, 40 ℃)	Immersion rinsing (5 min, 40 ℃)
	Drying stage	Hot air drying		Hot air drying	Hot air drying
Analysis method		UV	Image analysis	IR	Gravimetric method
Extraction solvent		IPA	-	Carbon-tetrachloride	-

wt %로 첨가하여 10분간 300 rpm의 조건으로 혼합 및 교반 후에 이들을 가열하여 25 ℃, 40 ℃, 60 ℃에서 각각 20분간 정치하여 물과 오일 층을 분리한 후, 물층의 COD를 측정하여 유수분리성을 평가하였다[5]. 여기서 COD 농도는 오염물인 세정액 중의 오일과 계면활성제의 전체 유기성분 농도와 직접적으로 비례하여 COD 제거율을 측정하여 유수 분리성을 평가하였다. COD 측정은 colorimetric method (ASTM 5220 D)를 이용하여 측정하였으며 COD 제거율은 초기 세정액의 COD 농도와 유수분리 후의 COD농도의 차를 이용하여 제거율을 평가하였다.

2.2 전자부품 세정공정 현장 적용 연구

전자부품을 생산하는 SMT 공정은 인쇄(print)공정, 장착(chip mount)공정, 납땜(reflow)공정의 세 부분으로 구성되는데 Figure 1에 각 공정에서의 세정제가 적용되는 부분을 도식화하였다. 여기서, 인쇄시에 metal mask에 부착되어 있는 solder cream을 제거하기 위하여 분무(spray)세정제를 사용하고 공정외의 작업으로 metal mask 전체를 세정하는 침적(chip)세정 과정이 있다. 2차적으로는 장착공정에서 PCB(printed circuit board) 부품을 실장하게 되는데 이때 사용되는 노즐이나 반사판 등은 일정시간 사용한 후에 세정한다. 마지막 납땜공정에서의 세정은 고온의 열에 의하여 reflow 시스템 내부에 부착되어 있는 Flux를 제거하는 세정과정이 있으며, SMT 전공정을 거쳐 제조된 PCB는 선별하여 별도의 수세정을 하게 된다. 기존에 현장에서 사용하고 있는 세정설비는 metal mask 세정장치를 제외하고 별도의 세정설비 없이 오염물을 세정하고 있었으며 여러종류의 오염물을 세정할 때 각각의 오염원에 대한 적절한 세정력을 가진 세정제가 선택되지 않아 효과적인 세정효율을 얻을 수 없었다. 특히, Reflow system 부품의 세정에 있어 적합한 세정시스템 없이 수세정으로 인한 시간 및 인적자원을 소비하고 있었다. Table 2, 3은 대상 피세정물들의 특성과 제거하여야 할 오염물질들을 그리고 Table 4

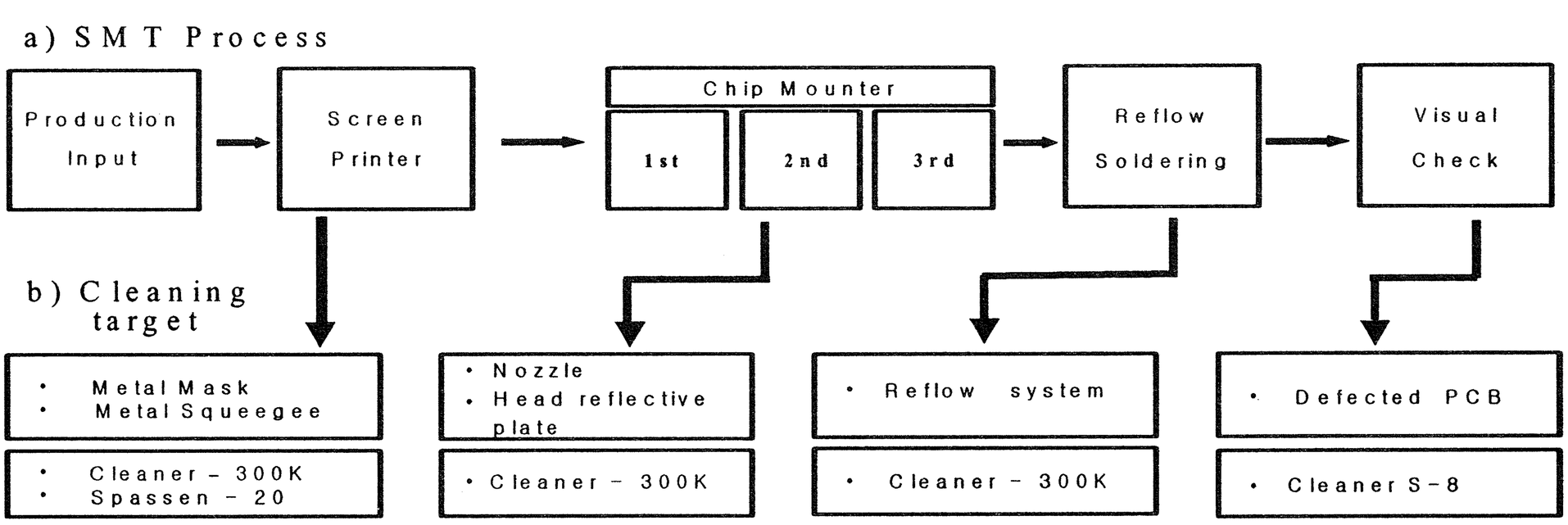


Figure 1. SMT Process & Cleaning target.

Table 2. Target materials and their contaminants for cleaning

Target materials for cleaning	Material Types	Size (mm)	Shape	Contaminants
Metal mask	SUS	500 x 600	Plate type	Solder cream
Nozzle pin	Ruby	50 x 2∅	Pin with center hole	Dusts, Lubricants
Head reflective plate	Plastic	2 x 30∅	Various	Dusts, Lubricants
Reflow system parts	SUS, Plastic	Various	Various	Flux, Oils
Defected PCB	Epoxy resin	40 x 80 x 1	Circuit board	Flux

는 이를 제거하는데 사용되고 있는 세정제를 조사한 도표이다.

SMT 세정공정의 현장적용실험에 사용한 세정제는 지금까지 현장에서 사용하였던 세정제(Cleaner S-8, Cleaner-300K, Spassen-20)와 본 연구 수행과정에서 오일 성분에 따라 제조된 세정제 (NEOZOL-750H2 : terpene type 세정제, NEOZOL-150MKD : hydrocarbon typr 세정제, NEOZOL-HC : isoparaffin type 세정제, NEOZOL P-series : isoparaffin type 세정, NEOZOL-PCB : isoparaffin type 세정제)를 선택하여 사용하였다. 세정성능 평가에서의 대상 오염물은 현장에서 직접 사용되고 있는 solder cream (Alpha Metal, Japan), Flux(Dongwha Damura, Korea)를 입수하여 사용하였다. 세정력 평가를 위한 시편 샘플 제작은 오염원이 Flux 인 경우, SUS 평판 (25 x 25 x 75mm)에 Flux 오염원을 각각 일정량을 도포 하여 상온에서 1시간 동안 건조 후 70℃에서 12 시간 baking 하여 사용하였으며 solder cream인 경우에는 SUS 평판에 오염원을 각각 일정량 도포한 후, 상온에서 1시간 건조한

Table 3. Analysis of soils

Classification	Solder Cream	Flux	Dust & Oil
Major components	Sn, Pb Vehicle-Flux	Abietic Acid, Rosin acid, Isopropyl alcohol 외	Dust, Hydrocarbon oil, Ester oil
Phase type	Paste	Solid	Paste
Toxicity	-Lead poisoning (Pb 0.5mg/day) -Paralysis -Skin, eye and respiratory irritant	-Skin, eye and respiratory irritant -Intravenous & Mouse LD50= 180ml/kg	No
Source of soil	PCB board manufacturing process	De-fluxing process in reflow system	Chip mounter process
Flash point	>140℃	> 140℃	-
Viscosity	200 Pa · s	1~10 Pa · s	-

Table 4. Analysis cleaning agents in use before their replacement

Classification	Cleaner S-8	Cleaner-300K	Spassen-20
Major components	Naphtha solvent extract ethylene glycol mono butyl ether, Isobutyl acetate etc.	Ethanol, IPA, Water, etc.	Wax polymer, Isoparaffin, etc.
Purpose of usage	-Cleaning defected PCB board	-Matal Mask cleaning -Reflow system cleaning	-Metal Mask spray cleaning
Usage	1 ton/year	2 ton/year	120 L (100cans/month)
Volatility	Yes	Yes	Yes
Price	120,000won/18kg	90,000won/18kg	20,000won/can
Recycling	No	No	No
Toxicity	Yes	Yes	Yes
MSDS	Yes	Yes	Yes

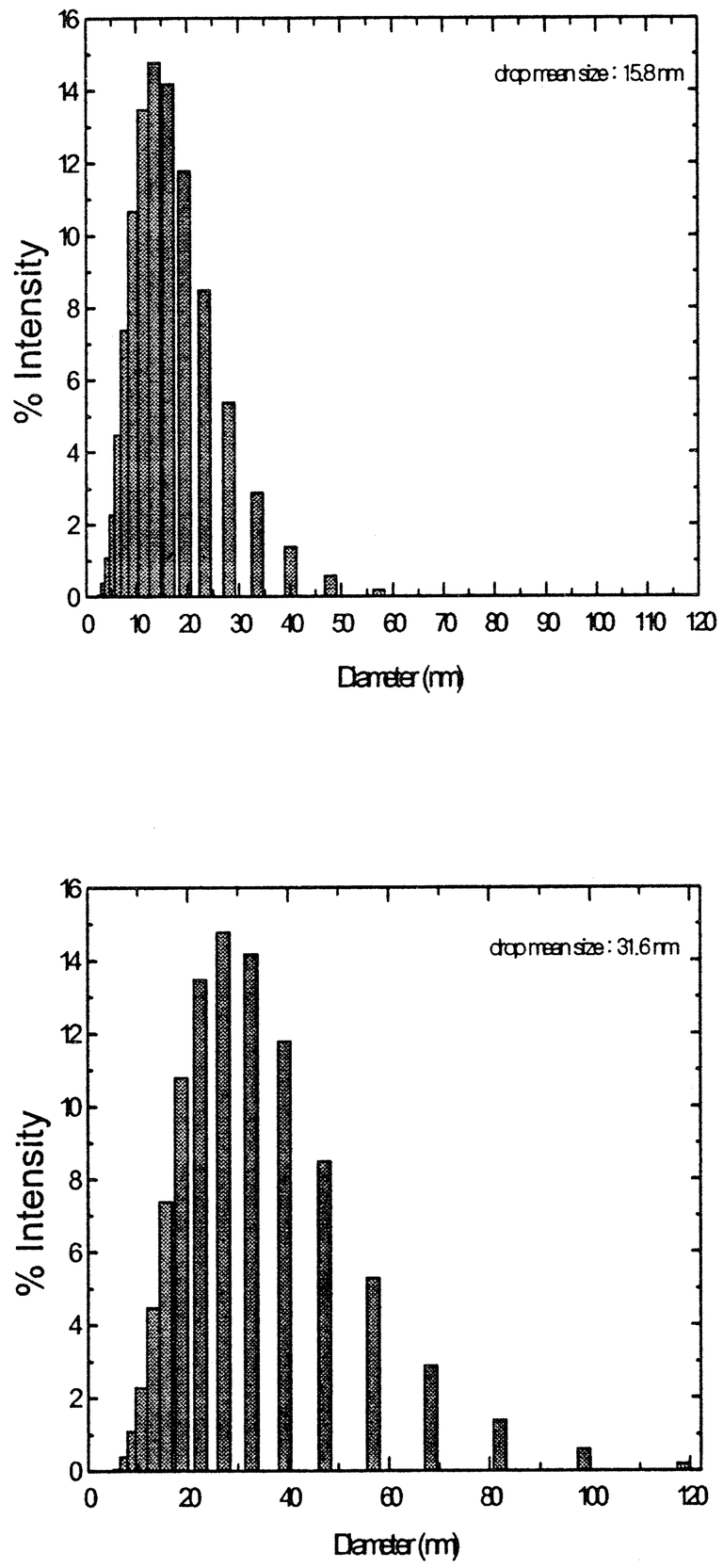
후에 곧바로 사용하였다. 그리고 먼지 및 윤활제의 경우, 현장에서 발생한 오염된 피세정물을 직접 테스트 하였다. 세정력 평가방법은 피세정물과 세정제에 따라 침적세정과 초음파세정 방법을 적용하여 Image 분석법과 중량법으로 측정하였다.

3. 실험 결과 및 토론

3.1. 개발된 세정제의 물성/세정성/유수분리성

<u>세정제의 물성</u> : 배합된 세정제제들 중 대표적 세정제인 terpene type과 hydrocarbon type 세정제들의 주요 물성치들을 측정하였다. 이들 세정제의 표면장력은 대략적으로 30.2~32.5 dyne/cm의 값을 보였으며 세정제의 구조형태를 확인하기 위해서 측정한 전기전도도는 배합된 모든 세정제들이 0.1~1.3 μs/cm 정도의 낮은 값을 나타냄으로서 W/O 형태의 세정제임을 확인할 수 있었다. 또한, 배합된 여러 세정제 중 대표적인 terpene type 세정제(Neozol 750H2)인 N-22 세정제의 평균 액적크기(drop size)를 제타전위 측정기 (Zetasizer 3000HS, Malvern Instrument Ltd.(U.K))를 이용하여 Figure 2에 나타내었다. Figure 2 a)에서 보듯이 15.8 nm로 나타나 마이크론 크기의 액적을 형성하고 있음을 확인할 수 있었다. 한편, 대응품(CPB)의 액적크기는 Figure 2 b)에서와 같이 31.6 nm로 나타나 본 연구에서 배합된 세정제들이 대응품에 비하여 상대적으로 미세하여 피세정물과 오염물질간의 미세공간의 침투가 용이할 것으로 기대되었다. 또한, 표면장력, 전기전도도, 액적크기의 물성측정 결과로부터 배합된 세정제들은 마이크로 에멀젼 형태로 존재하고 있는 것으로 판단되었다.

배합된 세정제들의 점도값은 25 ℃에서 1.5 cP~3.5 cP로 배합조건의 변수에 따라 현저한 변화를 보이고 있으나, 상대적으로 낮은 점도 값들을 나타내고 있어 세정공정 중에 분산성이 우수할 것으로 예상할 수 있으며, 오일 종류의 배합변수가 점도에 많은 영향을 주고 있음을 확인할 수 있었다. 한편, 온도의 변화에 따른 세정제들의 점도변화는 온도의 증가와 함께 급격히 감소하는 결과를 보였다. 결과적으로, 본 연구에서 배합된 세정제들의 물성은 낮은 점도, 낮은 표면장력, 작은 액적의 크기, 높은 습윤지수(대응품과 비교할 경우) 등을 지니고 있어 세정성능을 증대시킬 수 있는 일반적인 물성을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 여기서 습윤지수는 밀도에 비례하며 표면장력과 점도에 반비례하는 것으로 나타내어지는 값으로 습윤지수 값이 클수록 오염물질을 피세정물에서 용이하게 탈착시켜 세정성효율을 증가시키는 것으로 알려져 있다.

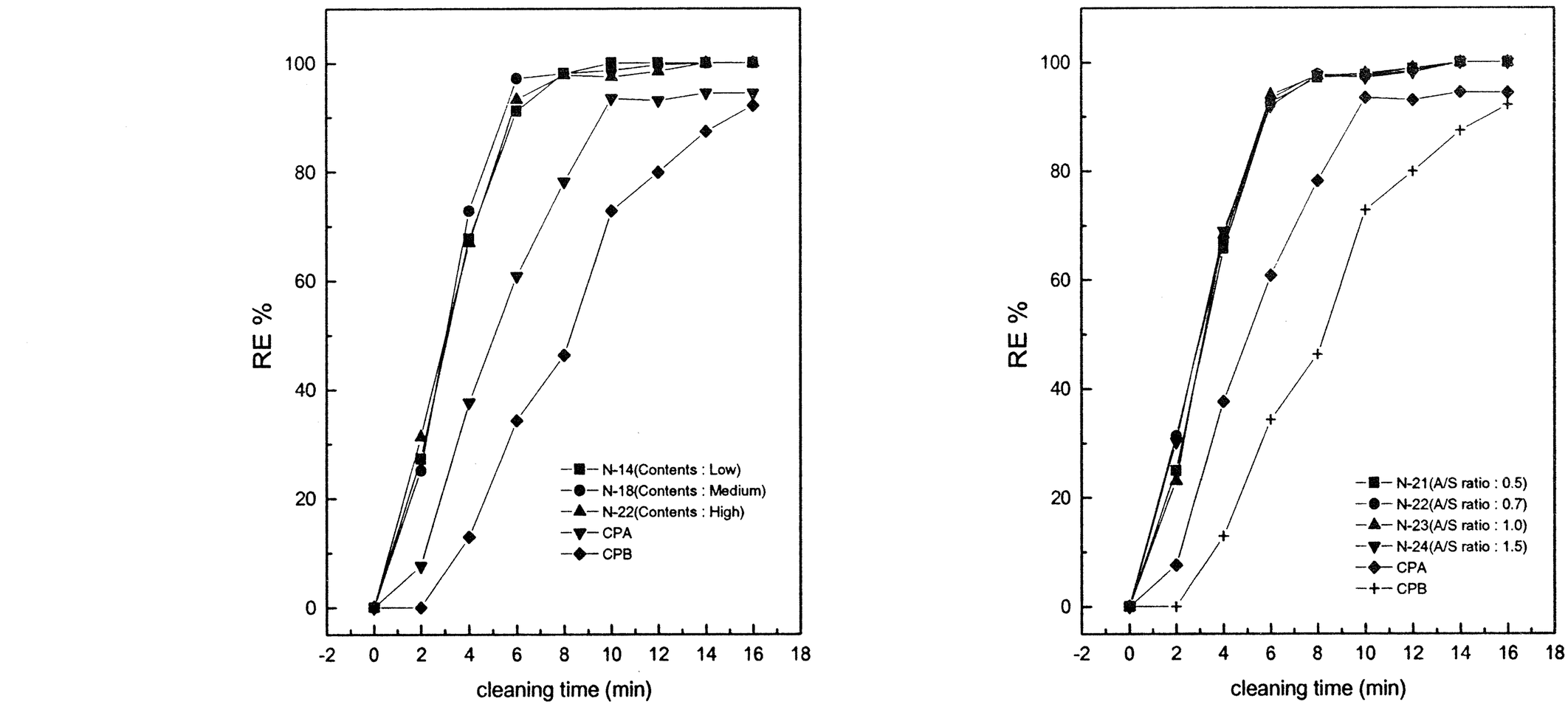


(a) formulated cleaning agent(N-22)
(b) commercial product(CPB)

Figure2. Particle size distribution of the cleaning agents.

세정성능 평가 : 본 연구에서 배합된 세정제들의 오염물질에 대한 순수한 용해성을 대응품(CPA, CPB)과 비교 · 평가하기 위해서 terpenr type 세정제들을 A/S 비율(0.5, 0.7, 1.0, 1.5: N-21, 22, 23, 24), 계면활성제의 함량 및 오일의 함량(H, M, L; N-14, 18, 22) 등의 변화에 따라 플럭스에 대한 각각의 용해성 평가 실험을 침적세정 방법으로 수행하였으며, 결과들을 Figure 3에 나타내었다. 이들의 결과에서 보듯이 본 연구에서 배합된 세정제들의 여러 가지 배합변수에 따른 용해력 차이를 비교할 경우, A/S의 비율에 따른 세정제의 용해력은 Figure 3 결과와 같이 배합된 세정들의 상호간에는 큰 차이는 없었으나 대응품에 비해 월등히 세정성능이 우세한 것으로 나타났다. 특히, 세정시간이 8분에 도달하였을 경우, 본 연구에서 배합된 세정제들은 대략 95%이상의 오염물질을 제거한 것으로 나타났으나 대응품 세정제들은 각각 77%, 47%의 낮은 제거율을 보이고 있다. 계면활성제의 함량증가에 따른 세정제의 용해력은 HLB의 변수보다는 영향이 적게 나타났으며 일관성 있는 결과 값을 얻기가 어려웠다. 그러나, 배합된 세정제들의 용해력은 대응품보다 우세한 결과를 보임을 확인할 수 있었다. 이밖에 계면활성제의 종류에 따른 결과는 친수성이 감소할수록 즉, 소수성이 증가할수록 오염물질에 대한 용해력이 증가하여 계면활성제의 HLB 값에 따라 세정제의 용해력이 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며 오일 종류의 변수에 따른 용해성 변화는 terpene type의 세정제들이 hydrocarbon type과 대응품에 비해 우수한 용해성을 나타내었다.

유수분리 평가 : 헹굼조에서 오염물을 헹굼액으로부터 효율적으로 분리하여, 오염된 헹굼액을 재활용함으로써 수계/준수계 세정제의 폐수처리 문제를 해결하고 경비를 절감하도록 할수 있는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 실험은 헹굼액의 오염물 농도를 변화시켜 플럭스의 주성분인 abietic acid에 대한 COD 제거율을 비교하여 헹굼액의 유수분리성을 평가하였다. 헹굼액의 오염물 농도가 3 wt % 경우 Figure 4에서 보는 바와 같이 배합된 세정제를 함유



(a) change of surfactant contents (b) change of A/S ratio

Figure3. The solubility evaluation of the cleaning agents for flux as a function of the surfactant contents and A/S ratio at 40 ℃.

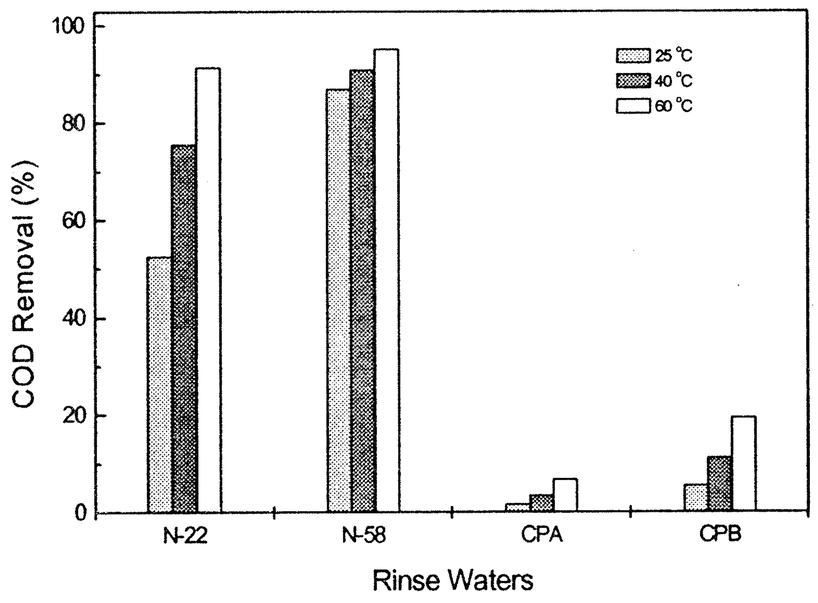


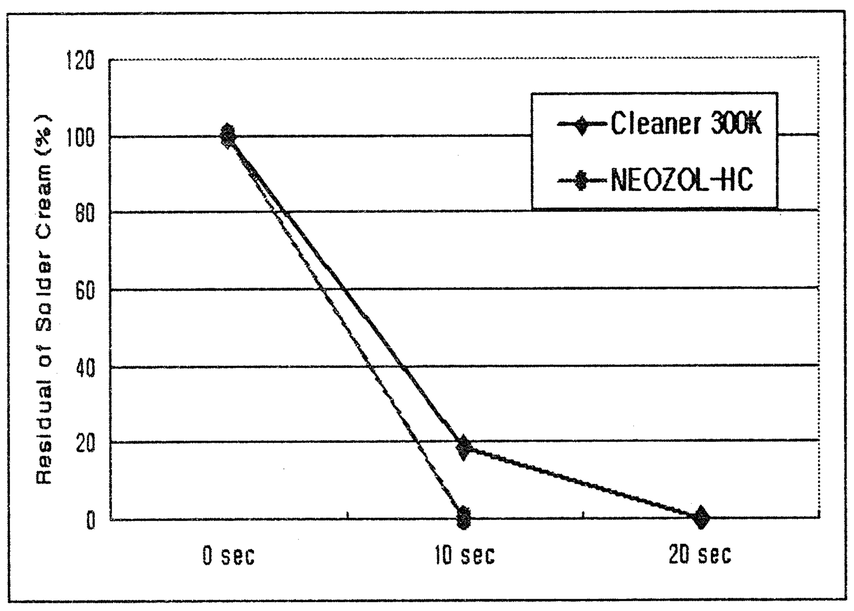
Figure4. Comparison of COD removal by two formulated cleaning agents and two commercial ones from the contaminated rinse water at three different temperatures. (soil concentration : 3 wt%)

하고 있는 헹굼액의 COD 제거율은 대응품인 시판세정제를 함유하고 있는 헹굼액에 비하여 모든 온도에서 상대적으로 높게 나타났고 온도의 증가와 함께 COD 제거율이 높아졌으며, 60 ℃에서는 90% 이상의 COD 제거율을 보였다. 배합된 세정제를 함유하고 있는 헹굼액들간의 COD 제거율은 모든 온도에서 N-58(hydrocarbone type 세정제)이 N-22(terpene type 세정제) 보다 높은 COD 제거율을 나타내었으며 N-22의 경우 25 ℃에서는 상대적으로 낮았지만 온도가 증가됨에 따라 COD 제거율이 증가하여 운전조건을 보완하거나 추가적인 분리시스템을 구축한다면 낮은 온도에서도 높은 유수분리성을 얻을 수 있으리라 판단되어진다. 따라서 세정공정에서 발생하는 배합된 세정제를 함유한 헹굼액은 간단한 정치형 유수분리시설을 이용하여도 물의 재활용이 가능하여 경제적인 부담과 수질오염을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

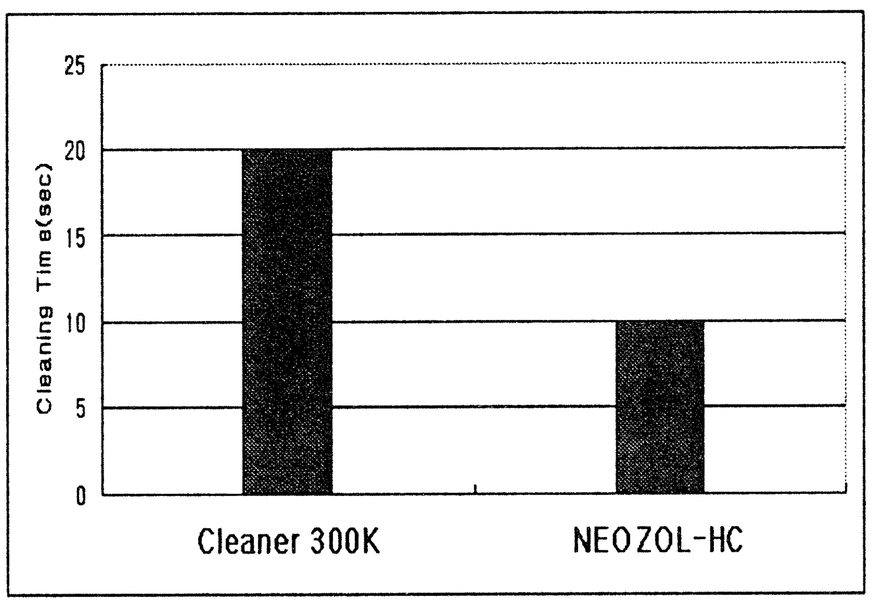
3.2 수계/준수계 세정제의 전자부품 세정공정 적용

Metal mask 세정결과 : Figure 5는 기존에 사용한 세정제 Cleaner-300K와 대체세정제 NEOZOL-HC 세정제(isoparaffin type 세정제)의 Metal mask 오염물인 solder cream에 대한 침적세정 실험결과를 비교한 도표이다. 그림에서 보는 바와 같이 NEOZOL-HC는 기존의 Cleaner-300K 보다 세정속도가 빠르며, 세정완료 시간도 크게 감소되어 세정력이 2배정도 향상된 우수한 세정효율을 보여주었다.

Figure 6은 solder cream으로 오염된 metal mask를 기존의 세정제인 Spassen-20와 대체세정제인 NEOZOL P-series(isoparaffin type 세정제)에 의한 분무세정력을 비교한 실험결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 세정속도와 세정완료 시간이 3배이상 향상되는 것을 볼수 있어



(a) Comparison of dip cleaning ability between Cleaner 300K and NEOZOL-HC for cleaning solder cream.



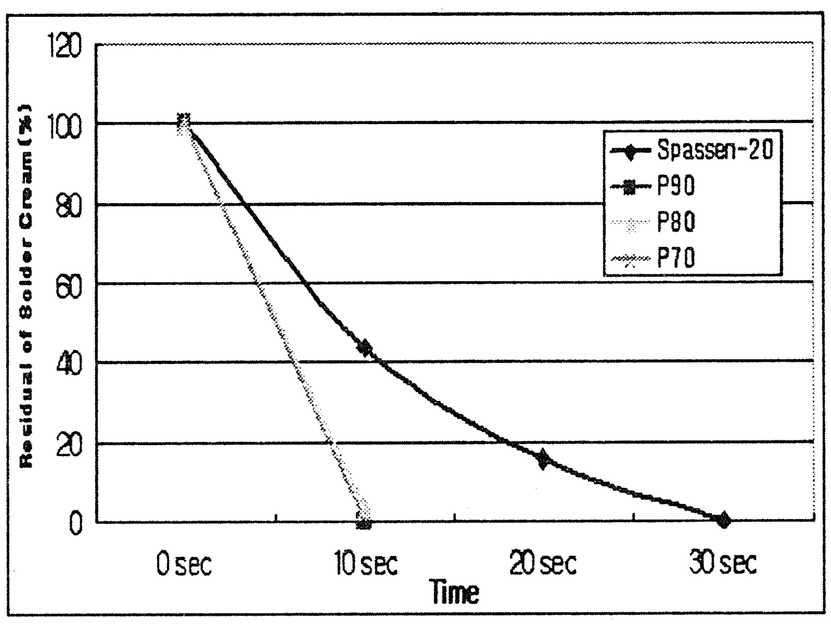
(b) Comparison of 100% dip cleaning time between Cleaner 300K and NEOZOL-HC for cleaning solder cream.

Figure 5. Dip cleaning that result of solder cream on metal mask.

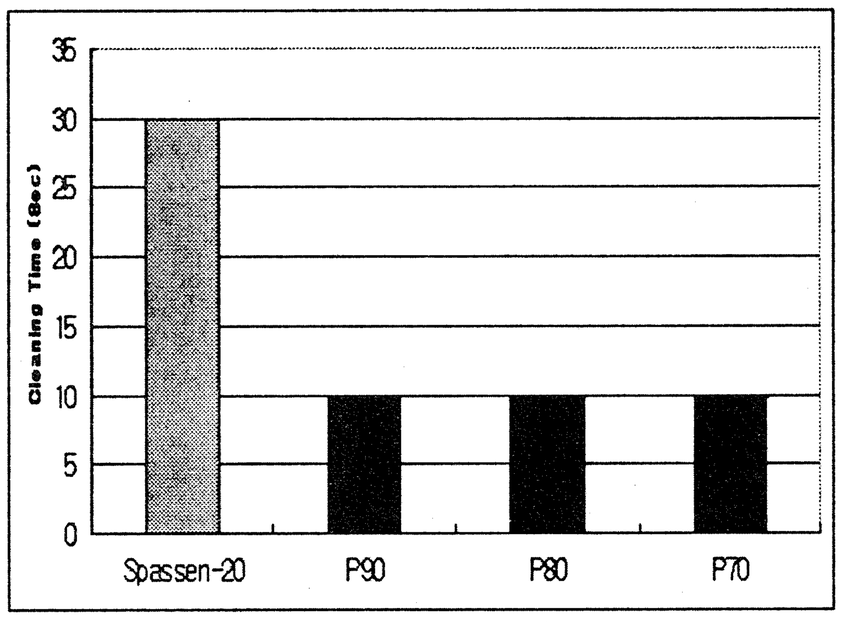
분무세정일 경우 NEOZOL P-series가 충분히 대체 가능함을 확인할 수 있었다. 더욱이 NEOZOL-750H2와 NEOZOL P-series는 무취이며 비휘발성 액체로 기존 세정제의 문제점인 인체 유해성과 VOC 문제를 해결할 수 있었다.

노즐 및 헤드반사판 세정평가 결과 : 기존에 사용하였던 노즐 및 헤드반사판 세정제는 케톤계 세정제인 Cleaner-300K로서 오염원을 이 세정제에 순간적으로 침적 후 면봉으로 수세정 하였지만 요구되는 세정성능을 얻지 못하였다. 노즐 및 헤드 반사판에 부착된 오염물은 먼지 및 기계유 등으로 solder cream이나 flux 등의 오염물과는 큰 차이가 있었으며, 노즐 세정에 적합한 새로운 환경친화적인 세정제를 찾고 있어 대체세정제로 NEOZOL-150MKD(hydrocarbon type 세정제)를 선택하여 세정성능 평가를 수행하였다.

Figure 7은 초음파 주파수와 세정온도를 변화시켜 미세한 내경을 가지고 있는 노즐을 세정한 실험결과이다.

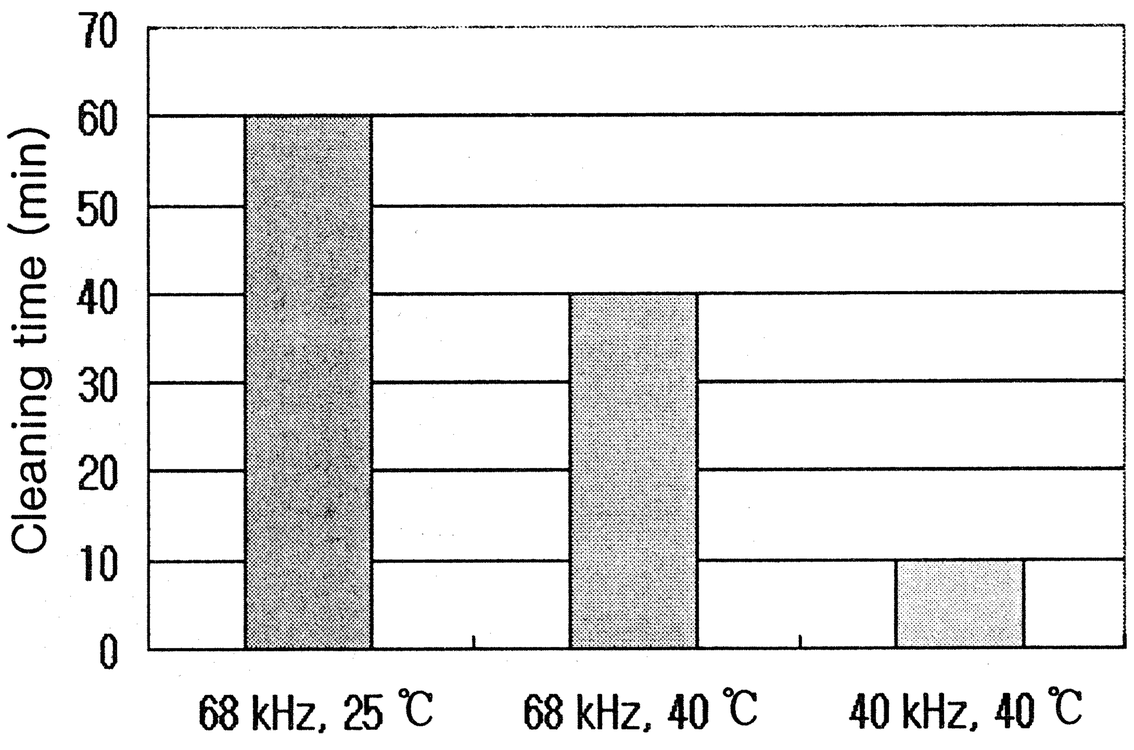


(a) Comparison of spray cleaning ability between Spassen-20 and NEOZOL P-series for cleaning solder cream.

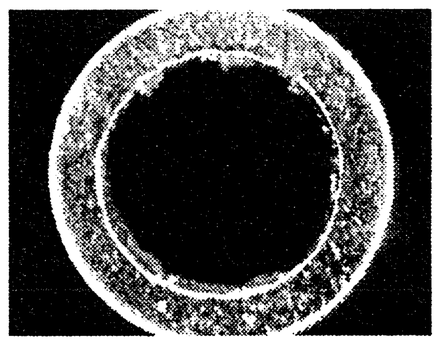


(b) Comparison of 100% spray cleaning time between Spassen-20 and NEOZOL P-series for cleaning solder cream.

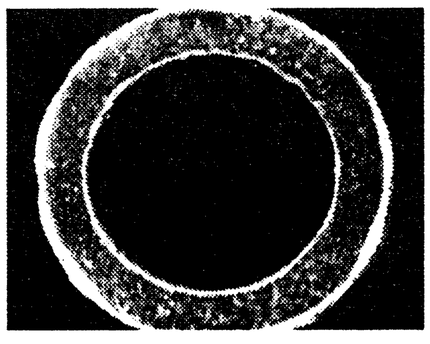
Figure 6. Spray cleaning that result of solder cream on metal mask.



(a) Cleanliness results of nozzles with different conditions using of NEOZOL-150MKD.



(b) Before cleaning



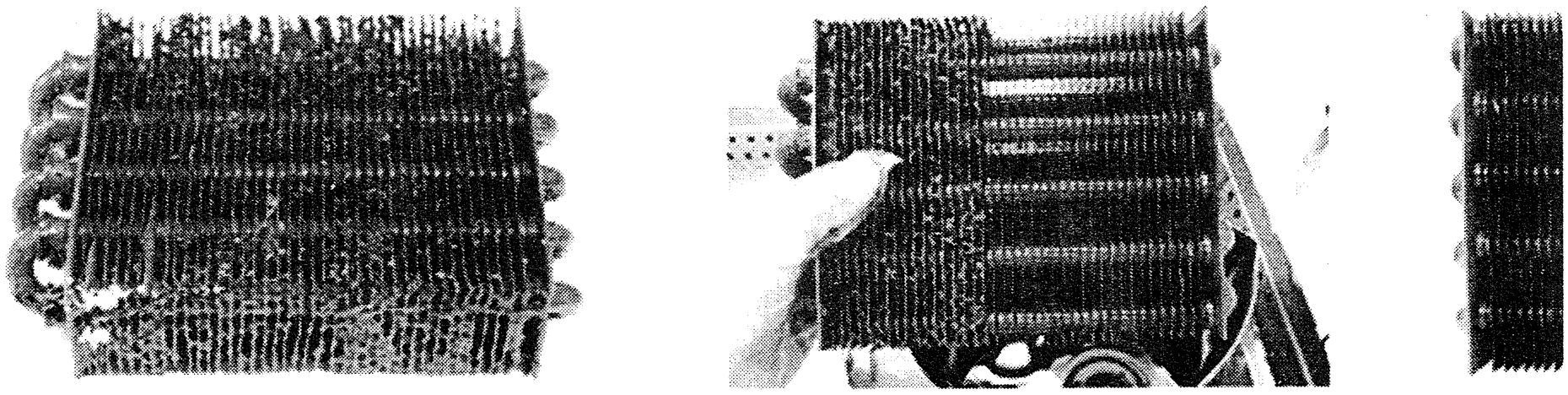
(c) After cleaning

Figure 7. Cleanliness test of nozzles using of NEOZOL-150MKD.

세정변수에 따른 세정성 변화 실험결과, 세정온도가 40 ℃일때 25 ℃에 비하여 세정소요시간이 무척 단축되는 것을 확인할 수 있었으며, 또한 초음파가 40 ㎑일때 68 ㎑보다 세정이 훨씬 잘되어 40 ㎑, 40 ℃가 본 실험에 있어서 가장 좋은 세정조건임을 확인할 수 있었다. Figure 7의 (b)와 (c)는 초음파 주파수가 40 ㎑이고 온도가 40 ℃ 세정조건에서 세정을 한 후 200배율의 Image Analyzer를 사용하여 노즐 내경의 오염물의 제거 정도를 관찰한 결과이다. 노즐 내부에 부착되어 있는 오염물은 세정 후에 모두 제거되었음을 확인할 수 있었다. 헤드 반사판의 경우에도 노즐 세정과 동일 조건에서 세정 실험 결과 오염물이 모두 제거되는 동일한 결과를 얻었다.

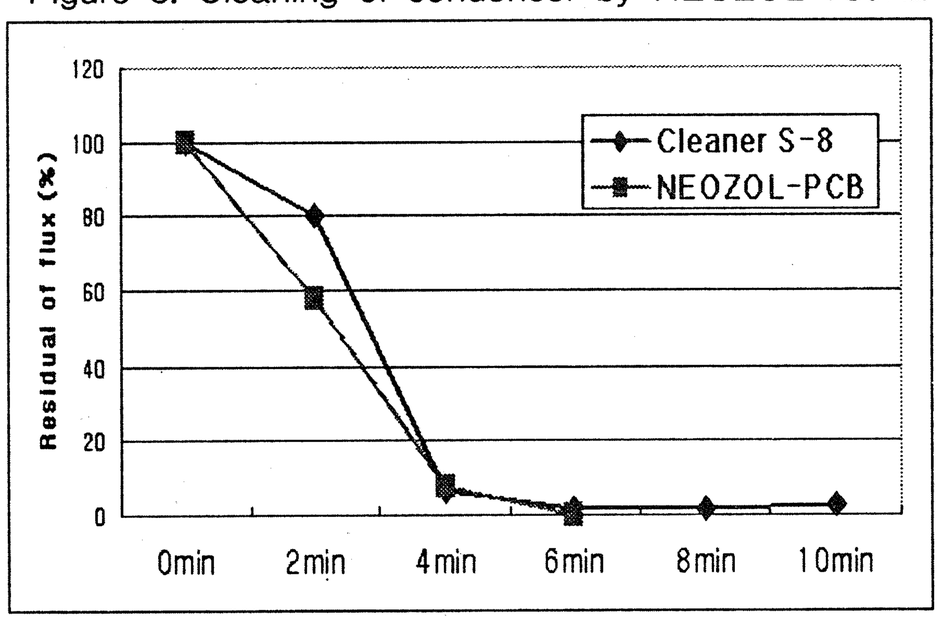
Reflow system의 condenser 및 불량 PCB 세정 결과 : Reflow system의 condenser는 납땜과정에서 발생되는 비산되는 solder flux에 의해 오염되는데 이의 세정작업은 그동안 적합한 세정제를 찾을 수 없어 세정하는데 애로사항이 많았었다. 본 연구에서는 여기에 NEOZOL-750H2(terpene type 세정제)를 적용함으로써 문제점을 해결할 수 있었다. Figure 8은 NEOZOL-750H2를 적용한 세정과정을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 NEOZOL-750H2를 사용하여 condenser를 깨끗이 세정할 수 있었으며 condenser의 사용수명을 연장할 수 있었고, 열효율을 크게 향상시킬 수 있었다.

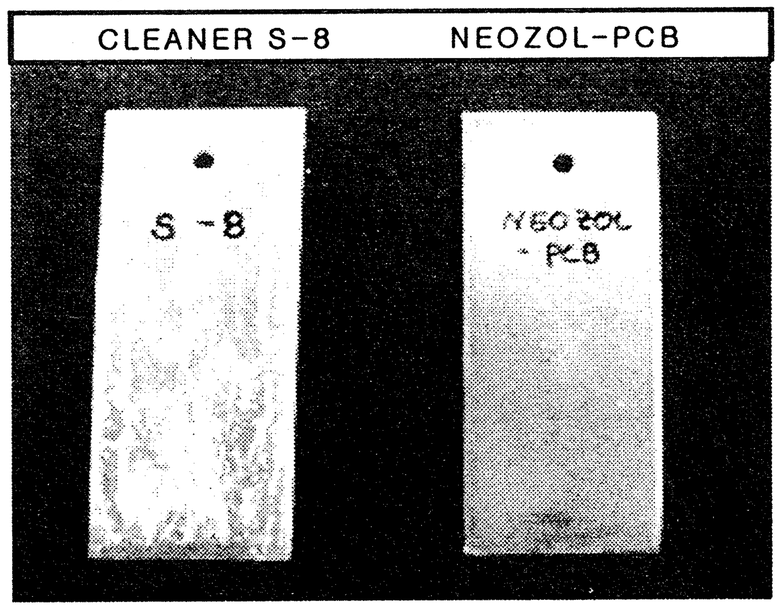
PCB 제조과정 중에 불량품이 발생할 수 있는데 이 경우 PCB에 부착되어 있는 Flux를 제거하여 성능검사를 통하여 재사용할 수 있다. Figure 9는 Flux 제거에 사용되고 있는 Cleaner S-8과 대체세정제 NEOZOL-PCB(isoparaffin type)와의 세정성능 비교실험 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 NEOZOL-PCB가 대응품에



(a) before cleaning (b) in cleaning (c) after cleaning

Figure 8. Cleaning of condenser by NEOZOL-750H2 in Reflow system of PCB manufacturing process.





(a) Comparison of spray cleaning ability between Cleaner S-8 and NEOZOL PCB for cleaning solder cream.

(b) Image analysis of substrate surface after cleaning solder cleam by Cleaner S-8 and NEOZOL PCB.

Figure 9. Defected cleaning that result of solder cream on metal mask.

비하여 세정속도가 증가하였으며 세정후 청정도가 높은 것으로 관찰되었다. Figure 9 (a)에서 보는 바와 같이 세정완료시점을 살펴보면 NEOZOL-PCB는 6분에 세정이 완료된 반면, Cleaner S-8은 10분에도 오염원이 소량 잔존하고 있는 것을 확인할 수 있었다. Figure 9 (b)는 flux가 도포된 시편을 각각의 세정제에 10분 동안 침적한 후 시편의 표면상태를 비교한 것으로 그림에서와 같이 Cleaner S-8은 표면에 심한 얼룩과 같은 형상의 flux가 남아있었으나, NEOZOL-PCB는 시편에 flux 잔사가 전혀 관찰되지 않아 세정성능이 상대적으로 우수함을 알 수 있었다.

대체 세정기술 적용 결과의 환경적/경제적 평가 : Table 5는 실험실에서 수행한 기존의 세정제와 대체세정제의 세정성 평가 결과를 기초로하여 실제 SMT공정 현장에 기존 세정제의 대체를 위하여 현장에 적용된 세정제 일람표이다. Table 5에서 보는바와 같이 L사의 SMT 공정에서의 Metal mask 세정, 노즐 및 헤드 반사판 세정, Reflow 시스템 장비부품 세정, 불량 PCB 세정에 기존세정제 보다 비휘발성이며 환경친화적인 세정제로 대체할 수 있었으며, 그리고 이렇게 함으로써 L사에서는 Table 6과 같은 환경적/경제적 효과를 얻을 수 있었다.

Table 5. Application of formulated cleaning agents to field

Classification	Previous cleaners	Alternative cleaners
Metal Mask cleaning	Cleaner-300K	NEOZOL-750H2 (terpene type 세정제)
Metal Mask spray cleaning	Spassen-20	NEOZOL Spray P-80, NEOZOL Stencil Cleaner (isoparaffin type 세정제)
Nozzle cleaning	Cleaner-300K	NEOZOL-150MKD (hydrocarbon type 세정제)
Reflow system cleaning	Cleaner 300K IPA	NEOZOL-750H2 (terpene type 세정제)
Defected PCB cleaning	Cleaner S-8	NEOZOL-PCB (isoparaffin type 세정제)

Table6. Economic & environmental safety effect through introduction of alternative cleaners in SMT process of L electronic company

Problem	Solution	Economical effects			Environmental safety effect			
		Cost of cleaning agents		Total cost reduction effect (%)	Toxity of cleaner(LD50)		Flash point of cleaner	
		before application	after application		before application	after application	before application	after application
Use of volatile and toxic cleaner	Introduction of non-volatile and environment-friendly cleaner	2,103 thousand won/year	1,057 thousand won/year	49.7%	963 mg/kg	2,700 mg/kg	13℃	114℃

4. 결 론

휘발성이 극히 적고, 저독성이며 유수분리성이 좋으며 세정성이 우수한 세정제를 개발하여 L전자의 SMT 공정의 세정공정에 적용하였다. 적용결과 SMT 공정의 Metal mask 세정, 노즐세정, Reflow system 세정, 불량 PCB 세정의 기존세정제를 대체할 수 있었으며 세정제 비용을 년간 50% 가까이 절약할 수 있었으며 대체세정제 도입에 따른 세정속도가 증가하여 생산을 증가시켰으며, 작업현장의 환경성과 안정성도 향상시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] 배재흠, 김정식, "환경친화적 수계/준수계 세정기술", *Clean Technology*, 3(2), pp.36-46(1997).

[2] 배재흠, 신민철, "Methylene Chloride의 대체세정제 적용 사례 연구", *Journal of the Korean Institute of surface Engineering*, 32(2), pp. 109-124 (1999).

[3] 배재흠, 신민철, 이철호,"대체 세정시스템의 선정방법 및 수계/준수계 세정기술의 적용사례 연구", *화학공업과기술*, 17(2), pp. 161-171 (1999).

[4] 배재흠, 신민철, "산업 세정제의 세정성 평가방법 및 적용사례", *Clean Technology*, 5(2), pp. 1-12 (1999).

[5] 신민철, 이호열, 배재흠, "수계/준수계 세정제의 세정성 평가 연구", 11(8), pp.825-834 (2000).

[6] 한상원, 이호열, 배재흠, 유종훈, 박병덕, 전성덕, "수계 세정시스템의 세정액/헹굼액의 모니터링 및 재활용 기술 분석" *Clean Technology*, 7(4), pp. 225-242 (2001).

[7] J. Salager, "Mocroemulsion", *Handbook of Detergents*, pp. 253-302 (1998).

[8] B. Jonsson, B. Lindman, K. Homberg, and B. Kronberg, "Surfactants and Polymers in Aqueous Solution", *John Wiley & Sons*, pp. 61-89 (1999).

[9] B. Kanegsberg and E. kanegsberg, "Handbook for critical cleaning", *CRC Press LLC*, (2001).

[10] 이명진, 한지원, 이호열, 한상원, 배재흠, 박병덕, "W/O microemulsion 세정제의 물성 및 세정성 평가", HWAHAK KONGHAK, 40(6), pp. 769-777, (2002).

[11] 이호열, 한지원, 이면진, 박병덕, 한상원, 이동기, 박선우, 황인국, 배재흠, "마이크로에멀젼형 준수계 세정제의 배합조건에 따른 물리적 특성 및 세정성능 영향",*J. Korea Ind. Eng. Chem.*, 14(2), pp. 142-151 (2003).