

수계세정제의 첨가제에 따른 세정성 평가연구

김한성¹, 배재흠[†]

¹(주)태평양화학 기술연구원, 수원대학교 화학공학과

(접수일자 : 2005. 1. 3 / 채택일자 : 2006. 1. 23)

Evaluation of Cleaning Ability of Aqueous Cleaning Agents according to their Additives

Hansung Kim¹, Jae Heum Bae[†]

¹Pacificific Cororation./R&D Center

Bora-ri Kiheung-eup, Youngin-si, Kyunggi-do 449-900, Korea

Department of Chemical Engineering, University of Suwon

Wau-ri Bongdam-eup, Hwaseong-si, Kyunggi-do 445-743, Korea

요 약

산업세정제 중에서 환경친화적이라 대체 세정제로 유망한 수계세정제를 배합하고 임의 세정성을 평가하였다. 수계세정제 배합시 EO부가 몰수가 3, 5, 7인 primary alcohol ethoxylate계열의 비이온계면활성제를 주계면활성제(S)로 하고 음이온계면활성제, 알코올류 등을 보조계면활성제(A)로 하여 수계세정제를 배합하였고, 이들 배합비(A/S)에 따른 절삭유와 그리스의 혼합오염물에 대한 세정성을 평가하였다. 또한 builder인 NaOH, KOH, Na₂CO₃, NaHCO₃를 첨가하여 세정효율 향상을 평가하였다. 세정성 평가 실험결과 보조계면활성제로는 음이온계면활성제인 Triethanolamine Lauryl Sulfate(TLS) 사용 시에 가장 세정효율이 좋았고, builder로는 NaOH, Na₂CO₃가 우수한 세정효율을 보여주었다.

ABSTRACT : Aqueous cleaning agents which are considered to be environmental-friendly and promising alternative ones among various industrial cleaning agents were evaluated in this words. In order to formulate aqueous cleaning agents, primary alcohol ethoxylates with 3, 5 and 7 moles of ethylene oxides among nonionic surfactants were selected as main surfactants. And anionic surfactants and alcohols were chosen as their cosurfactants. Builders such as NaOH, KOH, Na₂CO₃ and NaHCO₃ were also evaluated as additives for improvement of cleaning efficiency of aqueous cleaning agents. The experimental results of cleaning ability tests show that introduction of anionic surfactant TLS as cosurfactant in alcohol ethoxylate-based aqueous solution gives the best cleaning efficiency for removing mixed soil of cutting oil and grease. NaOH and Na₂CO₃ are also shown to play an important role for improvement of cleaning efficiency in a aqueous cleaning agent.

Key words : aqueous cleaning agents, cleaning efficiency, surfactants, cosurfactants, builders.

1. 서 론

산업세정은 전기전자, 기계 금속, 자동차 산업에서 제품을 생산하거나 부품을 제조하는 과정에서 불량품 발생을 최소화하고 제품의 품질 및 기능을 향상시키며 후속공정을 원활히 수행할 목적으로 세정공정을 채택하고 있다. 세정기술은 세정 메커니즘의 종류, 세정제 사용여부, 세정제의 형태 등에 따라 여러 가지로 구분되고 있으나 현재 보편적으로 산업현장에서는 세정제를 많이 이용하며 세정을 수행하고 있다[1]. 세정제는 다시 세정제 형태에 따라 수계, 준수계, 탄화수소계, 알코올계, 할로젠계 세정제로 구분하고 있고 오존과괴, VOC문제, 유독성 문제 등에 따라 수계세정제가 환경친화적인 면에서 점차적으로 산업체에서 많이 사용되고 있다 [2].

수계세정제에 대한 연구는 산업체에서 많이 사용되고 있지만 국내외적으로 이에 대한 연구는 활발하지 않다. Cox 등[3]은 alcohol ethoxylate 계통의 계면활성제 5%수용액을 사용하여 투명합성수지(Lucite) 표면의 오염물 grease, wax 입자 등에 대한 세정성을 평가한 결과 ethylene oxide(EO) 부가량이 50%이고 탄소사슬길이가 C₆, C₈, C₁₀ 인 혼합 계면활성제 용액이 최적의 세정성을 보여줌을 밝혔고 계면활성제수용액의 오염물에 대한 확산실험 결과 계면활성제의 오염물 침투현상(peretration)이 세정의 주요 세정 메커니즘임을 제시하였다.

Backstrom 등[4]과 Malmster 등[5]은 계면활성제와 무기 이온염 또는 유기 용매로 이루어진 수계 세정제 용액을 이용하여 오염물 triglycerides와 tripalmitin 오염물 등의 제거에 관한 연구를 수행하였다. 이들은 이온성 계면활성제는 무기염을 첨가함으로써 그리고 비이온 계면활성제는 탄화수소 용제를 첨가함으로써 세정효율이 증가한다는 것을 밝혔다. 그리고 오염물 제거는 계면활성제 분자가 오염물에 흡착하거나 침투함으로써 시작되고 최대 오염제거율은 계면활성제의 탄화수소 사슬길이 (l_c), 체적(v) 및 머리부분 면적(head group area, a_0)값으로 이루어진 CPP (critical packing parameter,

$\frac{v}{a_0 l_c}$)에 관계되고 계면활성제 수용액에 염, 용매, 다른 계면활성제의 첨가는 CPP 값을 1로 접근시키고 최적 세정효율을 가질 수 있는 세정제 조성물을 배합할 수 있음을 주장하였다.

Farella 등[6]은 drop-volume interfacial tensiometer를 사용하여 계면활성제의 계면장력과 세정성능 관련성에 대한 연구를 수행하였다. 그 결과 비이온 계면활성제의 EO group 부가 몰수가 일정크기까지 증가함에 따라 계면장력이 감소하고 세정성능은 증가하다가 다시 감소함을 밝혔고, EO group 부가 몰수가 6~9 mole일 때 세정효율이 가장 좋은 결과를 얻었다. Monroe 등[7]은 비이온계면활성제의 탄소사슬길이(chain length), hydrophilic-lipophilic balance(HLB), EO, Critical micell concentration(CMC), 운점(cloud point) 등의 값에 따른 세정효율 영향을 조사하였다. 그 결과 HLB 값이 크고 탄소사슬길이가 길고 EO 값이 큰 세정제가 세정성이 좋았으며 운점 이상의 온도에서 세정효율이 가장 좋은 것을 밝혔다.

Sorensen 등[8]은 알코올에톡실레이트계 계면활성제를 주성분으로 하고 알칼리, 부식방지제 등을 첨가하여 수계세정제를 제조하여 알루미늄 인발공정 중에서 오일로 오염된 알루미늄 부품을 세정하였고 세정 후 오염된 세정액을 정밀여과(microfiltration)막을 이용하여 처리하고 재활용하여 세정제 사용수명을 5배 이상 늘렸고 builder 및 계면활성제 사용량을 각각 20%, 30% 씩 줄일 수 있었다. Wadford 등[9]은 최근에 pH가 중성이고 VOC 발생이 없고 거품성이 없고 재활용 가능한 양이온 계면활성제를 주성분으로 하는 계면활성제를 개발 하였다.

국내에서는 김 등[10]이 Cox 등이 수행한 방법과 유사하게 수행하여 C₆~C₁₀ 범위의 nonylphenol ethoxylate에서는 EO 부가몰수가 50wt%일 때가 그리스, 왁스 및 미세 입자 들의 세정효율이 가장 좋음을 보여 주었고 농도에 따른 butyl cellusolve 첨가에 대한 세정성 향상 효과에 대한 연구결과도 발표하였다.

Chung 등[11]은 시트르산(citric acid)을 기초로 한 수계 세정용액을 배합하여 silicon wafer 표면의

금속오염물을 제거하는 실험을 수행하였다. 그 결과 $\text{NH}_4\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ 용액은 silicon wafer 표면 손상 없이 피세정물의 표면 Fe, Ca, Zn, Na과 Cu 표면농도를 $10^9 \text{atoms}/\text{cm}^2$ 까지 줄일 수 있었다. 이 등[11]은 builder, 방식제, 습윤침투제, 분산제 등을 배합하여 분말세정제를 제조하고 이를 2~3% 수용액으로 희석하여 냉각 압연 강판용 프레스 방청유를 세정한 결과 좋은 세정성을 보여주었다.

박 등[12]은 1급 알코올에톡실레이트(LA계), 2급 알코올에톡실레이트(SA계), EO/PO copolymer 계통 (EO/PO계)등의 비이온 계면활성제를 사용하여 EO 부가물수, 농도, 온도, 초음파 세기에 따른 물성과 세정성을 평가하였고 오염된 세정액의 온도에 따른 유수분리성을 평가하였다. 그 결과 LA계통의 계면활성제 중에서 EO 부가물수가 7~8 mole일 경우 습윤지수가 가장 컸고 비수용성 절삭유와 그리스의 세정효율이 가장 우수하여 습윤지수와 세정성이 상호 연관성을 보여주었지만 플럭스의 세정과는 연관성이 없음을 보여주었다. 그리고 LA, SA 계열의 비이온 계면활성제 중에서 온도가 증가할수록 초음파 주파수가 작을수록 세정효율이 증가하였으며 EO 부가물수가 작을수록 유수분리성이 우수하다는 것을 보여주었다.

본 연구에서는 주계면활성제를 알코올에톡실레이트로 하고, 보조계면활성제로 methanol, ethanol, propanol, butanol, pentanol, hexanol 등 알코올류와 SLS, SLES, TLS 등 음이온계면활성제, builder로 NaOH, KOH, Na_2CO_3 , NaHCO_3 그리고 가용화제로 sodium xylene sulfonate, sodium octanoate를 사용하여 수계세정제를 배합하고 이들의 세정성을 평가하여 보았다.

2. 실험

2.1 실험재료

본 실험에서 사용한 주 계면활성제는 pH와 물의 정도에 민감하지 않으며 이온 계면활성제에 비하여 비교적 낮은 CMC를 갖고 온도의 변화에 비교적 민감한 primary ethoxylated alcohol 계통 (호남석

유화학)의 비이온 계면활성제를 별다른 정제과정 없이 그대로 사용하였다. 이 계면활성제세정은 탄소길이가 12이고 ethylene oxide(EO) 부가물수가 3, 5, 7, 9, 12 mole인 LAE-3, LAE-5, LAE-7, LAE-9, LAE-12를 선정하여 사용하였다.

보조계면활성제는 음이온계면활성제로 미원상사 제품의 ALS(ammonium lauryl Sulfate, MICOLIN A-526), ALES(ammonium lauryl ether sulfate, MICOLIN EA-525), SLS(sodium lauryl sulfate, MICOLIN S-530), SLES(sodium lauryl ether sulfate, MICOLIN ES-528), TLS(triethanolamine lauryl sulfate, MICOLIN T-440), DLES(disodium lauryl ether sulfosuccinate, MICONATE LES)와 알코올류로 탄소수가 다른 methanol, ethanol, propanol, butanol, pentanol, hexanol을 사용하였다. 그러나 주 계면활성제 용액에 보조계면활성제의 첨가 후 상안정성이 좋지 않은 경우 상안정성을 확보하기 위하여 가용화제로 sodium octanoate 또는 sodium xylene sulfonate를 첨가하여 세정성능을 평가하였다. 그리고 세정제 builder로 NaOH, KOH, NaHCO_3 , Na_2CO_3 를 사용하였다. 오염물은 비수용성 절삭유(KOTON 226G, 한국하우톤)와 그리스(MPA-GBR, 천미광유공업)를 일정비율로 혼합하여 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 수계세정제 배합

수계세정제 배합을 위해서 주 계면활성제로 lauryl alcohol에 ethylene oxide(EO)가 2, 5, 7, 9, 12 mole 각각 부가된 비이온 계면활성제인 LAE-3, LAE-5, LAE-7, LAE-9, LAE-12를 선택하여 평가하였다. 그리고 보조계면활성제로 음이온 계면활성제 ALS, ALES, SLS, SLES, TLS, DLS 또는 C1~C6계통의 알코올(methanol, ethanol, propanol, butanol, pentanol, hexanol)을 주계면활성제 용액에 일정 배합비로 첨가하여 수계세정제를 제조하고 상안정성과 세정효율 평가 실험을 진행하였다. 배합된 세정용액의 상안정성을 25°C와 40°C에서 평가하였으며 상이 불안정하여 상분리가 일어나는 배합용액에 대해서는 가용화제(sodium octanoate 또는 sodium

xylene surfonate)를 일정비율로 첨가하여 상을 안정화시키고 세정효율을 평가하였다. 상분리가 일어나지 않은 안정한 세정제는 가용화제 첨가 없이 세정효율 평가실험을 진행하였다.

2.2.2 배합세정용액의 세정성 평가

상이 안정화된 배합세정제는 세정성 평가를 진행하였으며, 세정 대상 오염물질로는 grease와 cutting oil이 35% : 65% 비율로 혼합된 오염물을 SUS 재질의 시편에 일정량 균일하게 도포한 다음 일정시간 동안 정치시켜 완전하게 굳인 후 사용하였다. 세정 조건은 도포한 오염물질을 2~5분 간격으로 40°C에서 30분간 세정하고, 25°C 또는 40°C에서 세정액에 침적세정한 후 중량법을 이용하여 세정효율을 계산하였다. 세정한 시편은 1분간 초순수에 침적시킨 후 열풍건조기(60°C)에서 10분간 건조하였다. 건조한 시편의 무게를 충분히 방냉 후 무게를 측정하였다.

세정성 평가실험을 위하여 주 계면활성제의 첨가량의 변화, 보조계면활성제의 사용량과 종류를 변화시킴으로서 세정효율에 어떠한 영향을 주는지를 평가하였다. 또한 builder의 종류와 첨가량의 변화에 따른 세정효율도 조사하였다. 상세한 세정방법과 세정성 평가방법은 박 등[12]등과 차 등[13]이 발표한 논문에 상세히 기술되어 있다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1과 2는 각각 25°C, 40°C에서 EO 부가몰수가 3, 5, 7, 9, 12인 lauryl alkyl ethoxylate(LAE) 계열의 3wt% 계면활성제 (LAE-3, LAE-5, LAE-7, LAE-9, LAE-12) 용액의 혼합오염물에 대한 세정성을 비교한 그래프이다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 EO 부가몰수가 증가함에 따라 친수성이 증가하고 소수성인 혼합오염물의 세정성이 감소하고 소수성이 가장 큰 LAE-3가 가장 세정성이 양호하고 다음에 LAE-5가 좋은 것을 알 수 있다. 그러나 40°C에서는 세정성에 열적효과가 기여하여 이들 계면활성제 용액들의 세정성의 차이를 감소시키지만 여전히 LAE-3, LAE-5, LAE-7, LAE-9, LAE-12 순서로 세정성이 감소됨을 알 수 있다. 그리고 LAE-3 계면활성

제 용액이 10분 후에는 세정성이 오히려 떨어지는 것은 계면활성제 용액만으로는 오염물이 재 부착되어 재오염 방지제가 필요한 것으로 판단된다.

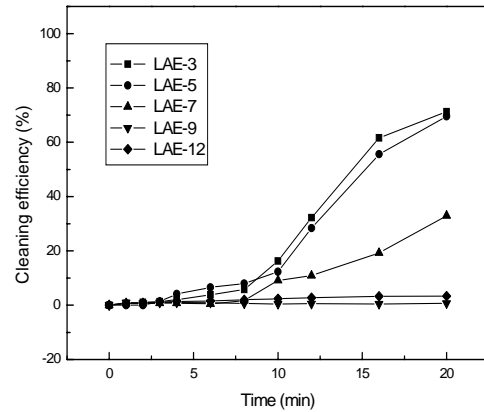


Fig. 1. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-series surfactant solution at 25°C.

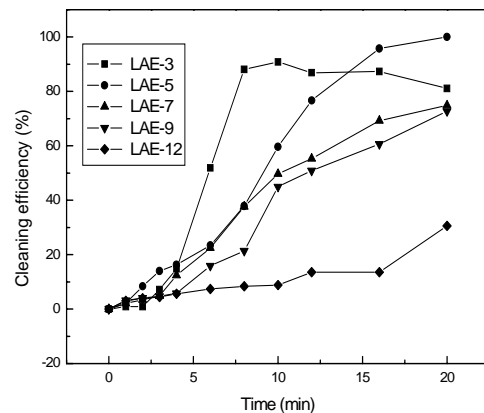


Fig. 2. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-series surfactant solution at 40°C.

Fig. 3, 4, 5는 LAE계열 계면활성제 중에서 비교적 세정성이 좋은 LAE-3, LAE-5, LAE-7을 주계면활성제(S)로 하고 보조계면활성제(A)로 음이온계면활성제인 SLES, SLS, ALES, ALS, TLS, DLES로 하여 전체농도를 3wt%으로 고정시키고 배합하였을 경우 40°C에서의 세정효율을 비교한 그래프들이다. 이 때 배합비(A/S)를 0.5로 고정시켜 비교하였는데

이것은 배합비를 0.3 ~ 1.0으로 변화시켰을 때 A/S=0.5일 때가 세정성이 비교적 양호하였기 때문이다. 그림에서 보는 바와 같이 LAE-3, LAE-5, LAE-7 계면활성제에 보조계면활성제 TLS를 첨가하였을 경우 세정성이 각기 타 보조계면활성제를 첨가하였을 경우에 비하여 월등하게 세정성이 우수하며 LAE 계면활성제 단독으로 사용한 용액보다 거의 같거나 우수함을 보여주었다. 그리고 LAE-3의 경우는 TLS를 첨가함에 따라 오염물 재 부착을 방지할 수 있었다.

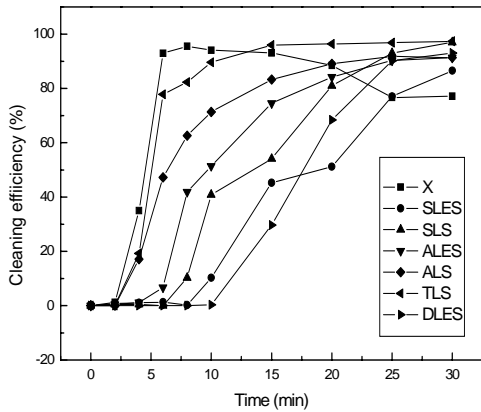


Fig. 3. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-3 based cleaning solution with different types of cosurfactants (A/S=0.5) at 40°C.

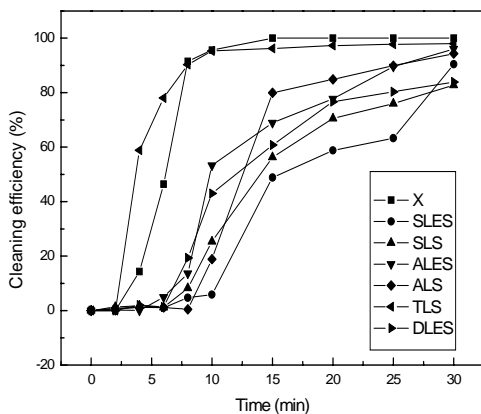


Fig. 4. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-5 based cleaning solution with different types of cosurfactants (A/S=0.5) at 40°C.

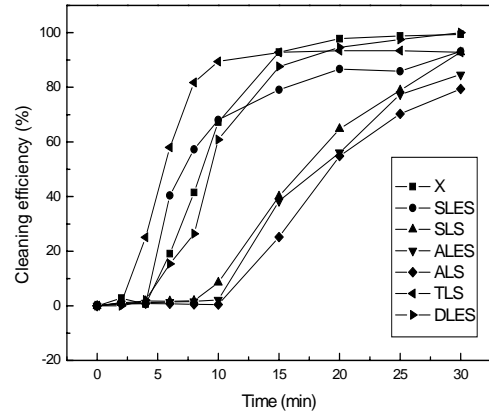


Fig. 5. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-7 based cleaning solution with different types of cosurfactants (A/S=0.5) at 40°C.

Fig. 6, 7, 8은 주계면활성제를 LAE-3, LAE-5, LAE-7으로 하고 보조계면활성제를 알코올류를 첨가하여 배합비(A/S)가 0.10인 배합세정액용액의 40°C에서 혼합오염물의 세정성을 비교한 그래프이다. 이때 알코올을 배합비 (A/S)를 0.05 ~ 0.20으로 변화시켰는데 A/S = 1.0일 때가 비교적 세정효율이 좋아 이 때 세정성을 비교 평가하였다. 그리고 비이온 계면활성제에 알코올을 첨가하였을 경우 상분리가 일어나 전체 배합농도는 3wt%로 고정하고 methanol, ethanol, propanol의 경우 0.3wt%, butanol, pentanol의 경우 0.45wt%, hexanol의 경우 0.6wt%의 sodium octanoate 가용화제를 첨가하여 실험하였다. 그림에서 보는 바와 같이 주계면활성제가 LAE-3인 경우 보조계면활성제가 pentanol, hexanol, LAE-5의 경우 ethanol, butanol, pentanol, LAE-7인 경우 ethanol, pentanol을 사용하였을 경우 세정성이 좋고 propanol을 사용하였을 경우 세정성이 떨어지는 것으로 나타났다. 이것은 알코올의 경우 소수성이 알킬기와 친수기인 -OH기를 가지고 있어 이들 알코올이 주계면활성제인 알코올에틸실레이트와의 친화력 여부에 따라 세정성에 영향을 주는 것으로 파악된다. 이것은 알코올의 탄소사슬길이가 짧은 경우보다 길 경우가 계면활성제 용액이 micellar solution에서 lamellar liquid crystalline phase 형태로 변화를 촉진

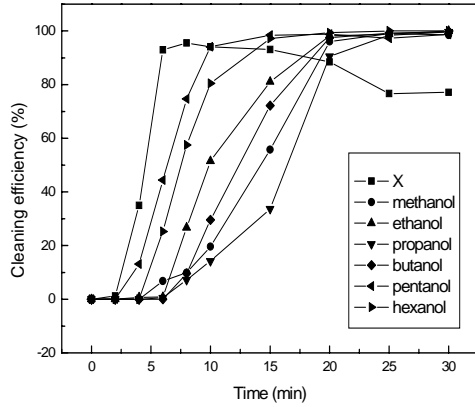


Fig. 6. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-3 based cleaning solution with different types of alcohols (A/S=0.1) at 40°C.

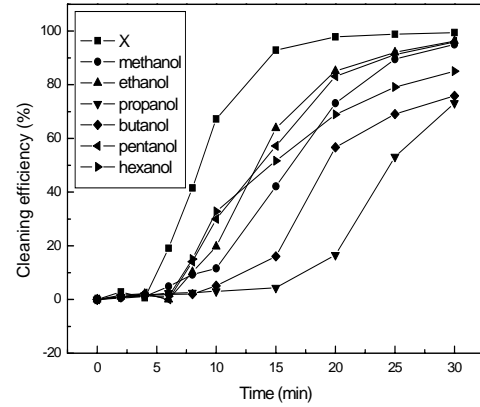


Fig. 8. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-7 based cleaning solution with different types of alcohols (A/S=0.1) at 40°C.

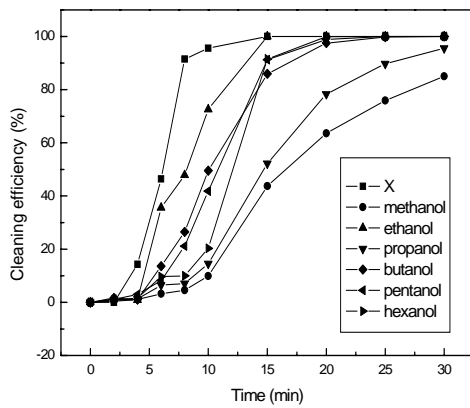


Fig. 7. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-5 based cleaning solution with different types of alcohols (A/S=0.1) at 40°C.

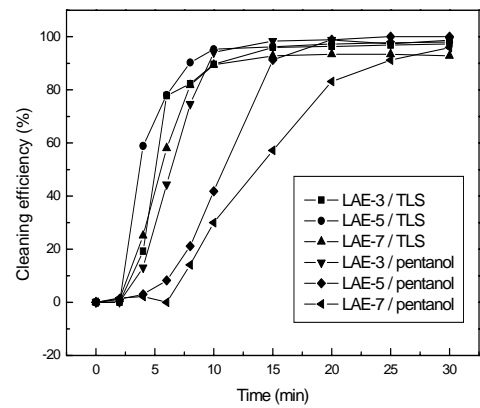


Fig. 9. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-series solution with cosurfactants of TLS (A/S=0.5) and pentanol (A/S=0.1) at 40°C.

하면서 CPP <1에서 1로 접근시켜 세정성을 증가시키는 것으로 판단된다[4,5].

Fig. 9는 보조계면활성제 중에서 상대적으로 세정성이 양호한 TLS와 pentanol을 사용한 경우의 세정성을 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 LAE-5를 주계면활성제로 하고 TLS를 보조계면활성제로 사용하는 경우가 가장 세정성이 좋은 것으로 나타났다. 이것은 LAE 계통의 계면활성제의 경우 단일 물질만을 사용하였을 때 LAE-3가 세정성이

가장 좋았으나 보조계면활성제를 첨가한 경우는 LAE-5가 보조계면활성제와의 상호 작용으로 세정성이 증가하는 것으로 판단되었다.

Fig. 10과 11은 각각 25°C, 40°C에서 주계면활성제를 LAE-3로 하고 builder로 NaOH, KOH, NaHCO₃, Na₂CO₃를 사용하였을 경우의 세정효율을 비교한 것이다. 이 실험은 LAE-3에 builder를 첨가하였을 때 상분리가 일어나 LAE-3, builder, 가용화제 Sodium octanoate를 1:1:1로 혼합하여 3wt%용액으로 만들어

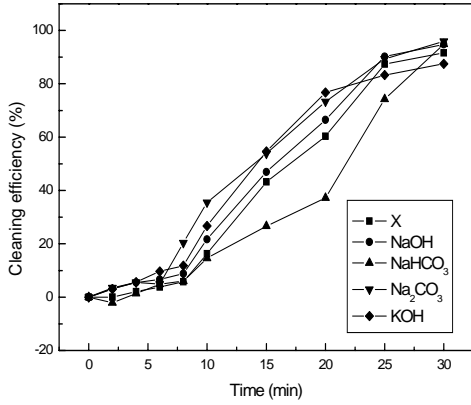


Fig. 10. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-3 based cleaning solution with different type of builders at 25°C.

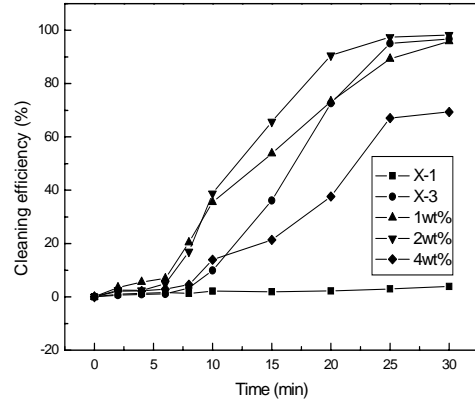


Fig. 12. Cleaning efficiency of LAE-3 surfactant solution with different Na₂CO₃ builder weight % at 25°C.

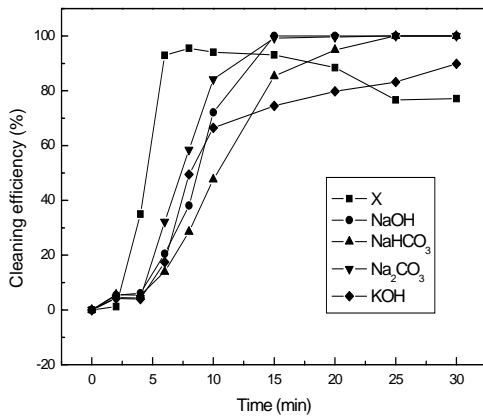


Fig. 11. Cleaning efficiency of 3wt% LAE-3 based cleaning solution with different type of builders at 40°C.

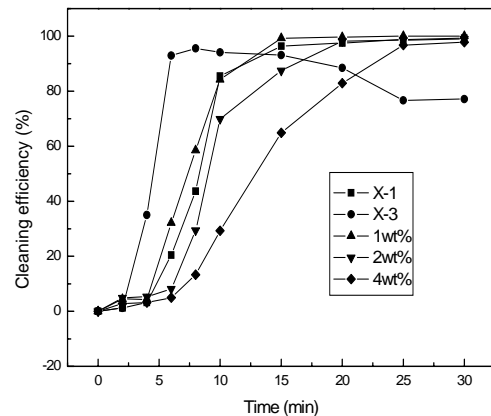


Fig. 13. Cleaning efficiency of LAE-3 surfactant solution with different Na₂CO₃ builder weight % at 40°C.

사용하였고 비교대상으로 3wt% LAE-3 단일용액과 비교하였다. 그림에서 보는 바와 같이 25°C에서는 builder를 NaOH, KOH, Na₂CO₃를 사용하였을 경우 LAE-3 용액보다 세정성이 우수한 것으로 확인되었다. Fig. 11의 40°C에서의 실험결과는 세정제의 화학적 세정력에 열적 효과가 더하여져 LAE-3 용액의 세정성이 Na₂CO₃, NaOH보다 세정초기에 약간 더 우수하였지만 나중에는 오염물이 재 부착되어 세정성이 저하되는 것으로 나타났다. 이것은 Na₂CO₃와 같

은 builder가 계면활성제에 비하여 값이 저렴하고 탈착된 오염물의 재부착을 방지할 수 있는 잇점이 있어 수계세정제 배합에 많이 활용되고 있는 이유이다. 그리고 계면활성제 용액에 builder 같은 염의 첨가는 정전기적 반발력을 감소시키어 계면활성제 체적(a_0)을 감소시키어 CPP 값을 증가시키어 세정성을 증가시킨다는 이론에 부합된다[4,5]

Fig. 12, 13은 1wt% LAE-3 계면활성제 용액에 builder Na₂CO₃ 1, 2, 4wt%를 첨가하였을 때의 각

각 25°C, 40°C에서의 세정효율을 비교한 그래프들이다. 이들 용액은 상분리를 방지하기 위하여 1wt%의 가용화제 sodium octanoate를 동시에 첨가하여 실험한 결과들이다. 비교대상으로 1wt% LAE-3 용액(X-1)과 3wt% LAE-3 용액(X-3)의 세정성효율을 함께 도시하였다. 25°C 운전 시에는 Na₂CO₃를 2wt%를 첨가하였을 때가 가장 세정효율이 좋았지만 40°C 운전시에는 1wt% Na₂CO₃를 첨가한 것이 가장 세정효율이 좋은 것으로 나타나 Na₂CO₃를 1wt% LAE-3 용액에는 과량 첨가하는 것은 효과 없고 대략 1 ~ 2wt% 정도를 첨가하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 그리고 그림에서 builder를 사용하였을 경우 LAE-3 단독으로 사용하였을 경우보다 세정성이 좋게 나타나 세정성에 대한 builder 첨가 효과를 확인할 수 있다.

4. 결론

Lauryl alcohol ethoxylate(LAE)계열의 비이온계 면활성제를 주계면활성제로 하고 여기에 음이온계 면활성제 또는 알콜을 보조계면활성제로 하고 builder를 첨가하여 수계세정제를 배합하고 세정성을 평가하였다. 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

LAE 계열의 비이온계면활성제 수용액은 EO 부가몰수가 작은 순서로 비수계 절삭유와 그리스의 혼합오염물에 대한 세정성이 우수하였다. 이것은 EO 부가몰수가 작은 계면활성제가 친유성이고 비수용성오염물에 대한 친화력에 크기 때문에 세정성이 큰 것으로 판단된다.

그리고 주계면활성제를 LAE-3, LAE-5, LAE-7으로 하여 음이온계면활성제, 알코올류를 보조계면활성제로 사용하였을 때 음이온계면활성제의 경우 TLS, 알코올의 경우 pentanol, hexanol과 같이 탄소 사슬길이가 긴 물질이 세정성이 양호한 것으로 나타났다. 또한 사용한 builder중에서 NaOH, Na₂CO₃가 우수하였고, builder를 일정량 이상의 경우는 세정효과가 없었다. 이러한 첨가제에 따른 세정성의 변화는 알콜이나 builder의 첨가의 경우 계면활성제 용액의 Critical Packing Parameter(CPP)

로 설명할 수 있었다.

감사

본 연구는 한국과학재단의 지역연구센터(환경청정기술연구센터, 수원대학교)의 일부 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 배재흠 : "CFC 대체 세정제와 대체 세정기술", *공업화학전망*, 8(2), pp.25-40(2005).
- [2] 배재흠 : "환경친화적인 세정기술", *GreenSamsung*, 58, pp.66-70(2001년 봄호).
- [3] Cox, M., Matson, T. P. : "Optimization of Nonionic Surfactants for Head-surface Cleaning", *JAOCs*, 61(7), pp.1273-1278(1984).
- [4] Backstorm, K, Lindman, B : "Ellisometry Studies", *Langmuir*, 4, pp. 872-878(1988).
- [5] Malmster, M. and Lindman, B. : "Ellisometry Studies of Cleaning of Hard Surfaces, Relation to the Spontaneous Curvature of the Surfactant Monolayer", *Langmuir*, 5, pp.1105-1111(1989).
- [6] Farella, J. M. Papagesk, J. G. : "Correlation of Drop-Volume Interfacial Tension to the cleaning Efficiency of Aqueous based Metal Cleaning Formulations", The 1992 International CFC and Halon Alternatives Conference, Washington D, C., pp.366-374(1992).
- [7] Monroe, K, K., Hill, E., and Carter, K. D. : "Surfactant Parameter Effects on Cleaning Efficiency", *ibid*, pp.405-415(1992).
- [8] Sorensen, F. and Petersen, H. J. S. : "Formulation and Recycling of Water-based Degreasing Agents - Effects on Occupational Health and Environmental Protection", *Hazardous Waste & Hazardous Material*, 11(3), pp.361-371(1994).
- [9] Wadford, J., Fouts, C. and Smiley C. : "An

- Effective Aqueous Cleaner for Precision Cleaning", Proceedings of Clean Tech, pp.129-133(2002).
- [10] 김형민, 정노희, 노승호, 남기태 : "고체표면 크리닝에 있어서 비이온성 계면활성제의 상승 효과", *J. Korean Ind. Eng. Chem.* **11**(1), pp.13-18(2000).
- [11] Chung, H. Kim, K., Cho, H., Lee, B., Yoo, H., and Lee S. : "Evaluation of Citric Acid added Cleaning Solution for Removal of Metallic Contaminants on Si Wafer Surface", *Korean J. Chem. Eng.*, **18**(3), pp.342-346(2001).
- [12] 박선우, 차안정, 김형탁, 김한성, 배재흠 : "수계세정제의 계면활성제 종류에 따른 물성, 세정성 및 유수분리연구", *Clean Technology*, **9**(1), pp.9-21(2003).
- [13] 차안정, 박지성, 김한성, 배재흠 : "시판 수계세정제의 세정성 및 환경성 평가연구", *Clean Technology*, **10**(2), pp.73-87(2004).