

광전자방출(OSEE)법을 이용한 세정성 평가 연구

민혜진, 신진호, 배재흠*

수원대학교 화공생명공학과
445-743 경기도 화성시 봉담읍 와우리 산 2-2번지
(2008년 4월 11일 접수; 2008년 6월 10일 채택)

A Study on the Evaluation of Cleaning Ability Using Optically Stimulated Electron Emission Method

Hye Jin Min, Jin Ho Shin, and Jae Heum Bae

Department of Chemical and Biochemical Engineering, The University of Suwon
San 2-2 Wawoo-ri, Bongdam-eup, Hwaseong City, Gyeonggi-do 445-743, Korea

(Received for review April 11, 2008 ; Revision accepted June 10, 2008)

요 약

친환경적인 대체 세정제를 채택하기 위해서는 세정제의 세정성, 환경성, 경제성을 평가하여 체계적인 선정절차에 의거하여 도입·적용하여야 하며 객관적이고 효율적인 세정성 평가방법의 정립이 현실점에서 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 여러 세정성 평가 방법들 중 광전자방출법(optically stimulated electron emission)(OSEE)을 활용한 세정성 평가에 관한 연구를 하였다. 실험에 사용된 오염물은 플럭스, 솔더, 그리스, 절삭유, 그리고 그리스 35% 와 절삭유 65%을 혼합하여 만든 혼합 오염물로서 세정제에 의한 이들의 세정성을 평가하였다. 본 연구실에서 개발하였거나 조제한 세정제를 이용하여 세정 후 OSEE법 측정 결과와 중량법 및 접촉각 측정법에 의한 세정성 평가방법을 비교 분석하였다. 본 연구 결과로 플럭스와 혼합오염물을 세정한 경우의 OSEE 세정효율은 중량법과 거의 유사한 결과를 나타내었지만, 솔더와 그리스 세정의 경우는 UV를 반사 또는 흡수하여 중량법과 비교할 수 없었다. 그리고 절삭유 세정의 경우 실질적으로 눈에 보일 정도로 피세정물 표면에 오염물이 남아 있음에도 불구하고 중량법 측정 시 100%의 세정효율을 보임으로써 중량법 측정의 한계를 보였지만 OSEE법으로는 미소잔류 절삭유의 존재를 측정할 수 있었다. 또한 OSEE법과 접촉각측정법의 세정성을 비교측정한 결과로 플럭스, 혼합 오염물 그리고 절삭유의 세정성 평가는 OSEE법과 접촉각측정법이 유사한 세정효율을 보여주었다. 그리고 솔더와 그리스 세정은 접촉각측정법이 OSEE법보다 더욱 정밀하게 세정성을 평가할 수 있는 것으로 판단되었다.

주제어 : 세정성능평가, 세정효율, 접촉각측정법, 중량법, 광전자방출법

Abstract - In order to choose alternative environmental-friendly cleaning agents, it is very important in the present point that the systematic selection procedures should be introduced and applied to the industry through the evaluation of their cleaning ability, environmental characteristics, and economical factors, and that the objective and effective evaluation methods of cleanliness should be established for the industry. Thus, a novel cleaning evaluation method utilizing optically stimulated electron emission (OSEE) among various methods of cleaning ability was studied in this study. The contaminants used in this cleaning experiments were flux, solder, grease, cutting oil, and mixed soil of 35% grease and 65% cutting oil. The cleaning agents developed or prepared in our laboratory were employed and their cleaning ability were comparatively evaluated by the OSEE, gravimetry and contact angle methods. The experimental results in this work showed that flux cleaning efficiency measured by the OSEE method was similar to that of the gravimetric method, but that the OSEE

* To whom correspondence should be addressed.
E-mail : jhbae@suwon.ac.kr

method could not be compared with gravimetric method for the case of solder or grease cleaning because the contaminants radiate or absorb ultra-violet light. In case of cutting oil cleaning, the gravimetric method indicated its limitation of cleaning efficiency of cutting oil since it showed cleaning efficiency of 100%, even though residual soil remaining on the substrate surface a little after its cleaning. The comparative experimental results of cleaning ability evaluated by the OSEE- and contact angle measurement methods showed that they were similar in case of cleaning of flux, mixed soil and cutting oil. It was judged that the contact angle measurement method could evaluate the cleaning ability more precisely than the OSEE method for cleaning solder and grease.

Key words : Cleaning ability test, Cleaning efficiency, Contact angle method, Gravimetric method, Optically stimulated electronic emission method

1. 서 론

세정제의 세정성을 평가하기 위해서는 세정 후 부품 또는 제품의 표면청정도(cleanliness)와 표면현상(surface phenomena)을 직접적으로 측정 관찰하는 방법과 세정제의 물리화학적 성질을 측정하여 세정성능을 간접적으로 측정하는 방법이 있다. 세정성 평가방법은 일반적인 시험평가법과 분석기기를 이용한 정밀시험평가법인 세정 대상물 표면을 직접 관찰하는 방법, 그리고 세정대상물 표면의 오염물을 추출하여 측정하는 방법이 있다. 일반적인 평가방법은 정밀도는 떨어지지만 고가의 분석기기 없이 간편하게 현장에서 세정성능을 평가할 수 있는 장점이 있어 세정산업에 많이 이용되고 있으며, 중량법, OSEE, 접촉각, 광학현미경, 닙아내기법, 물방울법, 수막법, 분무법, 형광법 등이 있다. 정밀기기에 의한 측정방법에는 세정 대상물 표면을 직접 관찰하는 방법인 FTIR/ATR, SEM, XPS, SIMS, AES, AFM 등이 있고, 세정대상물 표면의 오염물을 추출하여 측정하는 방법인 TOC, UV/VIS, FTIR, HPLC, GC, GC/MS 등이 있다[1,2].

이 세정성 평가 방법 중에 OSEE 측정방법은 미국 Photo Emission Tech에서 개발된 세정성 평가방법으로서 미국에서는 전국적으로 활용되고 있다. OSEE법은 이른 1990년에 NASA Langley Research Center(LaRC)에서 D6AC 강철 기질에 Conoco HD-2 윤활제 오염물질의 측량을 위해 OSEE법을 이용하여 연구를 시작하였으며 NASA Marshall Space Flight Center(MSFC)에서는 OSEE를 활용하여 우주선의 로켓 모터 고장의 원인이 되는 다수의 오염물을 신뢰성 있게 측정하기 위해 세정성 평가방법을 연구하였는데 많은 방법 중 OSEE법이 표면의 세정 정도를 양적으로 평가할 수 있음을 보여주었다.[3] OSEE법은 또한 비접촉적이며 한 번의 측정 시 짧은 시간(3~4 초) 내에 측정이 되므로 신뢰성 있고 간편하여 많은 회사의 공정에서 유용하고 효과적으로 사용되고 있다. 이 방법은 또한 일반적인 세정성 평가뿐만 아니라 항공 우주선 표면의 코팅 및 오염물의 유무의 측정, 박막의 부분적인 단층 존재 검출, 페인트 공장 및 항공기 수선/페인트 회사를 포함하여 산업과 상용 응용에 광범위하게 적용할 수 있다[4,5].

OSEE Meter의 피세정물에 UV 조사 후 나타나는 화면의 수치는 다음과 같이 간단하게 표현될 수 있다.

$$I_p = I_o \exp\left(-\frac{d}{L}\right) \tag{1}$$

여기서, I_p 는 OSEE Meter의 출력 수치이며, d 는 얇은 막의 두께이다. I_o 는 상수로써 $d=0$ 일 때, OSEE Meter의 출력 수치를 나타내며, 기면의 일함수에 의존한다. L 은 상수로써 막을 통한 UV 전달 및 전자로 부터의 저항을 나타낸다. 위 식은 다음과 같이 정리된다.

$$d = \ln(I_o) \cdot L - \ln(I_p) \cdot L \tag{2}$$

OSEE법은 오염물의 두께에 따라 반사된 광전자의 양을 센서가 감지하며, 오염물의 두께가 두꺼울수록 OSEE의 측정수치가 작아져 오염물이 빛을 흡수하여 반사한 광전자를 적게 발생시켜 세정정도를 양적으로 비교 평가할 수 있다. 그 신호가 빠르게 전달되어 기존의 세정성 평가방법들 중 중량법과 접촉각 측정법과 비교하여 비접촉적이며, 빠르고 정확한 측정이 가능하게 한다. OSEE법은 센서와 표면이 수평을 이루어야만 반사되는 광전자가 일정하게 측정이 되므로 이점에 있어서 유의해야 한다. 또한 온도와 습도에 따라 OSEE 신호의 변화가 나타나게 되는데 일반적으로 온도가 증가함에 따라 신호는 증가하게 되지만, 온도의 변화에 비해 신호의 변화는 매우 미세한 정도이기 때문에 특별히 온도 변화가 심하지 않은 곳에서의 실험이라면 주의하지 않아도 된다. OSEE의 수치는 습도에 영향을 받아 주위 습도가 클수록 그 수치는 커지게 되는데, 이는 광전자는 표면에 도달하기도 전에 수증기에 반사되어 신호의 수치가 증가하기 때문이다. 그러므로 측정 시 습도가 높은 장소에선 습도의 영향에 유의해야 한다. OSEE의 수치는 압력이 증가함에 따라 감소한다. 이 관계는 특별히 알려진 바가 없지만 대기압에서는 OSEE의 수치가 매우 미세한 변화만 일어나므로 특별히 주의할 필요는 없다. OSEE 방법에 대한 보다 상세한 이론 및 활용방법은 Min et al.[6]에 의하여 자세히 기술되어 있다.

본 연구에서는 OSEE법을 이용하여 다양한 오염물 중 플럭스, 솔더, 그리스, 절삭유와 혼합유의 세정성 평가를 진행하였다. 그리고 중량법과 접촉각측정법과 비교·평가하여 OSEE법의 유효성을 연구하였다.

2. 실험

2.1. 오염물 및 세정제

실험에 사용된 오염물은 flux (abietic acid, Aldrich), solder (solder paste, Koki Co.), grease(KBR, 한국셀), cutting oil (KOTON 226G, 한국하우톤), grease 35%와 cutting oil 65%을 교반하여 만든 mixed soil을 선정하여 세정제에 의한 세정성 평가에 시행하였다. 세정제로는 본 연구실에서 개발하거나 조제한 세정제를 선정하여 사용하였다. 비수계 세정제로는 flux의 세정제로 글리콜에테르계인 propylene glycol methyl ether(PM)와 파라핀계 용제인 IP-C(Isol C, SK Chemical)를 배합하여 HC1, solder의 세정제로는 조성이 서로 다른 파라핀계 용제인 IP-C(Isol C, SK Chemical)와 IP-G(Isol G, SK Chemical)와 글리콜에테르계인 EG(ethylene glycol ether, 한농화성, 99.9%)를 배합한 HC2, grease의 세정제로는 탄화수소계인 IP-G와 글리콜에테르계인 EG를 배합한 HC3을 각각 사용하였다. 절삭유의 세정제로는 methanol을 사용하여 세정성 평가를 시행하였다. 그리고 혼합오염물의 세정제로 주계면활성제로 lauryl alcohol에 ethylene oxide(EO)가 3 mole 부가된 비이온 계면활성제인 LAE 3에 보조계면활성제로 음이온 계면활성제 triethanolamine lauryl sulfate(TLS), builder로는 Na_2CO_3 , 가용화제로는 sodium octanoate를 첨가하여 AG1을 제조하여 실험을 진행하였다.

2.2. OSEE법에 의한 세정성 평가 방법

2.2.1. OSEE 기기의 구조 및 측정 방법

OSEE 기기는 크게 신호 화면과 센서의 두 부분으로 나뉘어진다. 센서 아래에 시편을 두면 램프에서 UV가 방출되고, 반사된 광전자는 검출기에 모아지게 되며, 수치화되어 신호 화면에 나타나게 된다. Figure 1에 OSEE 기기 monitor를, 그리고 Figure 2에 센서의 정면(a)과 바닥면(b)을 나타내었다.

세정성 평가를 하기 전에는 OSEE의 초기값을 유의해야 한다. OSEE는 표면 청결 수준을 측정하여 그에 따른 신호로 표시되며, 대부분 주관적인 기준에 의해 청결 수준의 초기값을 정



Figure 1. Surface Quality Monitor

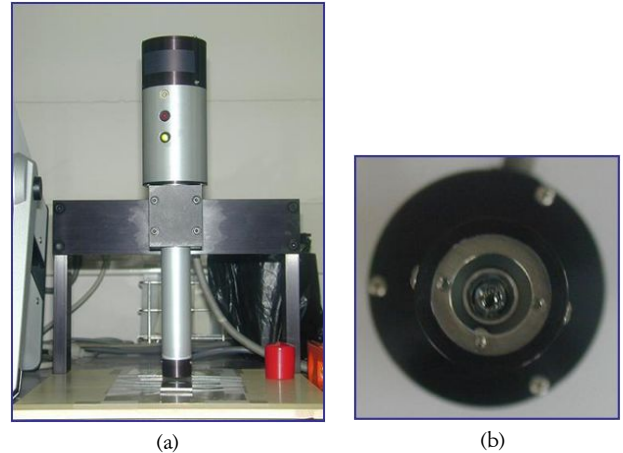


Figure 2. View of OSEE sensor (a) the front view (b) the bottom view.

한다. 굴곡이 심하고 스크래치가 많이 있는 표면은 불안정한 수치를 나타내므로 표면 상태에 주의하여야 한다. 광전자가 반사되어 측정되어지는 센서와 표면의 거리가 멀어질수록 신호는 작아지게 되므로 표준적인 거리는 0.02 inch로 정하고 있으며 거리의 변화는 ± 0.005 inch가 되어야만 큰 오차가 발생되지 않는다. OSEE법은 시간에 따른 OSEE 신호 변화 중 최고점(Peak)에서의 값을 취하여 분석하였다.

본 실험에서는 피세정물 시편인 오염물이 전혀 없는 깨끗한 스테인레스 재질(SUS 304)의 초기값을 1000으로 놓고 오염물 도포 시의 값(10 ~ 100)을 얻었다. 세정효율은 아래의 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{Cleaning efficiency}(\%) = \frac{0.1A(C - B)}{A - B} \quad (3)$$

여기서 A는 깨끗한 시편의 OSEE의 수치이고, B는 오염물을 도포한 시편의 OSEE의 수치이며, C는 세정한 시편의 OSEE의 수치이다. 이 때 오염물이 도포된 시편의 세정효율을 0으로 하면 각 시간에 따른 세정효율이 식(3)에 의하여 계산된다. 깨끗한 시편의 OSEE 초기값이 1000이 될 경우 세정한 후의 시편의 OSEE 측정값인 C값이 1000이 되면 세정효율이 100%가 되는 것이다.

2.2.2. 광량조절구멍 크기에 따른 세정성능 평가

OSEE 측정에 있어 UV의 양을 조절할 수 있는 광량조절구멍(light control hole)이 있다. 광량조절구멍은 크기에 따라 6가지로 분류된다. 실험 시 많은 재질의 시편을 측정할 때에 측정값이 측정범위를 넘었거나 측정범위에 미치지 못하는 수치가 나올 경우, 광량조절구멍으로 UV의 양을 조절하여 쉽고 정확하게 측정할 수 있다. 본 실험에 사용된 오염물 중 flux를 선정하여 배합한 세정제 HC1을 이용해 광량조절구멍에 따른 세정성 평가를 진행하였다.

Table 1. Selection of cleaning agents yield to soils

	Cleaning agents	Contaminants		Cleaning temperature (°C)	Cleaning time (min)
Nonaqueous agents	HC1 HC2 HC3	Flux Solder Grease	Abietic acid (Aldrich) Solder paste (Koki Co.) KBR (Korea cell)	25	1~13 min (measured at an interval of 1~2 minutes)
	Methanol	Cutting oil	KOTON 226G (Korea Houton)		1~7 min (measured at an interval of 1 minute)
Aqueous agents	AG1	Mixed soil	Grease 35% + Cutting oil 65%	40	2~30 min (measured at an interval of 2~5 minutes)

2.3. 실험방법

OSEE 측정방법과 비교 대상의 세정방법으로 무게의 변화를 측정하는 중량법과 세정 시편 표면에 하나의 물방울을 떨어뜨려 물방울이 시편 표면과 맺는 접촉각을 측정하는 접촉각측정법을 선정하여 수행하였다. 시편은 스테인레스스틸 재질(SUS 304)로 크기는 25*75*2 mm³이고 OSEE 측정 시 시편을 세부분으로 나누어 UV 반사광을 측정하여 평균을 내어 세정성 여부를 판단하였다. 그리고 수계 세정제의 경우 세정온도는 40℃, 세정시간은 30분간 2~5분 간격으로 세정 및 행굼공정으로 침적세정성평가를 수행하였으며, 비수계 세정제의 경우 행굼공정 없이 세정온도 25℃에서 절삭유를 제외하고 13분간 1~2분 간격으로 침적세정성평가를 하였으며, 절삭유는 7분간 1분 간격으로 침적세정성평가를 수행하였다. 건조는 모두 10분간 수행하였으며, 중량법, OSEE, 접촉각 측정법의 순서로 측정하였다. Table 1에 오염물에 따른 세정제와 세정조건을 나타내었다.

3. 결과 및 검토

3.1. OSEE의 광량조절구멍에 따른 세정성능 평가 결과

광량조절구멍 크기의 변화에 따른 세정성능 평가 결과를 Figure 3에 나타내었다. 본 연구에서 사용한 OSEE 기기의 광량조절구멍의 모양과 크기는 직경이 각각 1/4", 1/8", 1/16" 인 3개의 원형 타입이 있고, 가로와 세로가 각각 1/16"×0.4", 1/16"×0.25", 1/32"×0.4" 인 3개의 직사각형 타입이 있다. 그림에서 보는 바와 같이 flux를 세정한 경우 1/4" 원형 타입의 광량조절구멍을 사용한 세정성 평가 결과가 중량법과 거의 동일한 결과를 나타내어 1/4" 원형 타입의 광량조절구멍을 사용한 세정성 평가가 가장 적합하다는 결론을 얻었고 이후 실험은 1/4" 원형 타입의 광량조절구멍을 사용하여 세정성 평가를 수행하였다.

3.2. OSEE법과 중량법을 비교한 세정 성능 평가 결과

3.2.1. Flux의 세정

Figure 4에 flux를 세정제 HC1에 의하여 세정한 경우의 시간에 따른 세정효율을 OSEE법과 중량법의 측정결과를 비교하

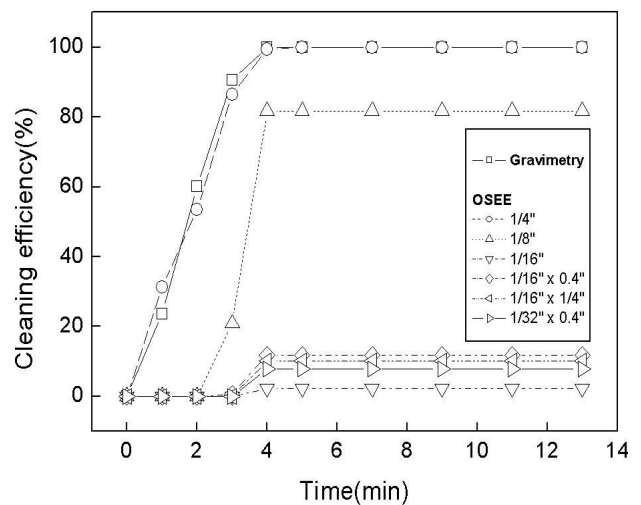


Figure 3. Cleaning efficiency measured by the gravimetric method and OSEE method with different light control holes.

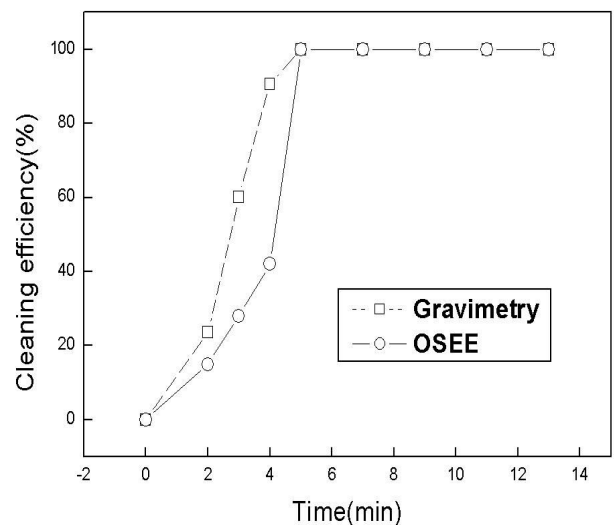


Figure 4. Comparison of flux cleaning efficiency of HC1 cleaning agent measured by the OSEE and gravimetric methods.

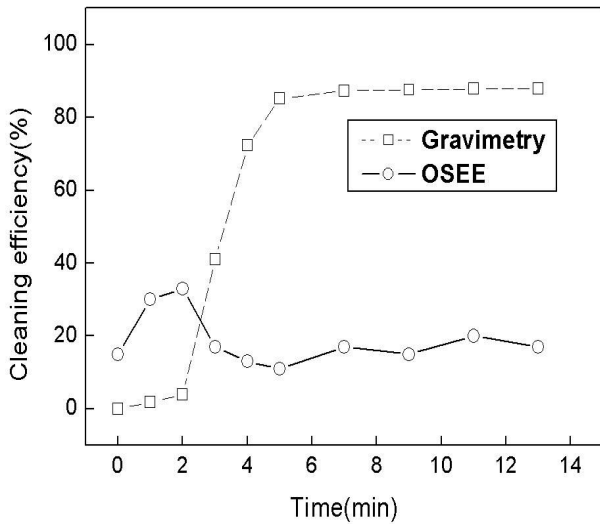


Figure 5. Comparison of solder cleaning efficiency of HC2 cleaning agent measured by OSEE and gravimetric methods.

여 나타내었다. Flux를 세정한 경우 4시간 이후에는 중량법에 의하여 측정된 결과와 동일한 결과를 나타내어 OSEE법이 오염물 flux 세정에 효과적임을 확인할 수 있었다.

3.2.2. Solder의 세정

Figure 5에 세정제 HC2에 의한 세정 시간에 따른 세정효율을 OSEE법과 중량법에 의한 측정결과를 비교하여 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 OSEE법과 중량법에 의한 측정결과가 매우 다르게 나타났다. 이것은 solder에 금속입자들이 다량 함유되어 있어 이들 금속입자들이 세정 후에도 잔류하여 높은 세정효율임에도 불구하고 OSEE법은 광전자들이 금속입자들에

의해 난반사되어 일정하지 않은 효율을 나타내는 것으로 판단된다. 즉, OSEE법으로 정확한 세정효율을 측정할 수 없었지만 solder 존재의 유무는 확인할 수 있었다.

3.2.3. 그리스의 세정

Figure 6에는 세정제 HC3에 의한 시간에 따른 그리스 세정 정도를 OSEE법과 중량법에 의하여 측정된 결과를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 1분 세정 후부터 5분 세정까지는 중량법의 측정결과를 보아 세정이 되지 않음을 알 수 있는데 OSEE법의 측정결과에서는 그리스를 도포했을 때의 효율이 0%인 반면 세정 1분 후부터 5분까지는 약 90%의 세정효율을 나타내다가 7분 후부터는 100%의 세정효율을 보여준다. 그리스를 도포했을 때 처음에는 OSEE 수치가 0으로 측정되었으나, 세정 1분 후부터 그리스가 세정이 되는 과정에서 세정제와의 반응으로 그리스가 매우 투명해지거나 조성이 바뀔으로써 UV가 그리스를 감지하지 못하고 투과하여 깨끗한 시편의 표면에서 반사됨으로써 OSEE의 수치가 급격히 커지고 중량법과는 다른 세정효율을 보여준 것으로 판단된다. 그러므로 중량법에 비해 OSEE법은 그리스 오염물을 측정하기에 효율적이지 않음을 알 수 있다.

3.2.4. 절삭유의 세정

Figure 7은 methanol에 의한 시간에 따른 절삭유 세정효율을 OSEE와 중량법으로 측정된 결과를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 절삭유의 세정 시 중량법에 의해 측정된 세정효율은 1분이 되어 100%로 나타났다. 그러나 실제로는 눈에 보일 정도로 피세정물의 표면에 오염물이 남아 있음에도 불구하고 중량법에서는 100%의 세정 효율을 보임으로써 중량법에 의한 세정성 평가의 한계를 알 수 있었다. 이에 비해서 OSEE법은 아주 작은 양의 절삭유까지도 측정할 수 있었고, 중량법보다 오차가 적어 오염물이 절삭유의 경우 정확한 세정효율 측정

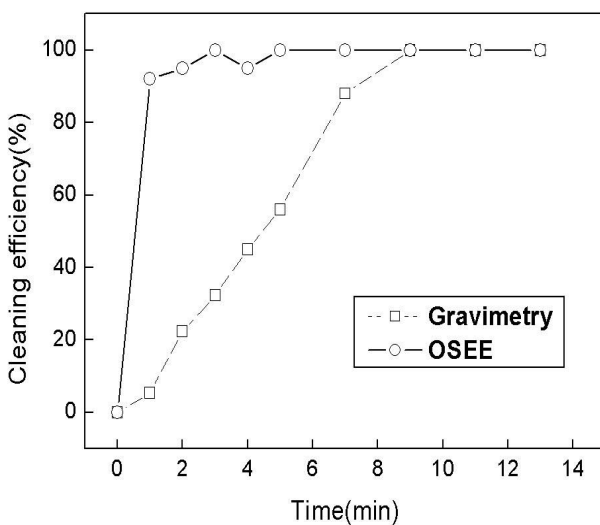


Figure 6. Comparison of grease cleaning efficiency of HC3 cleaning agent measured by the OSEE and gravimetric methods.

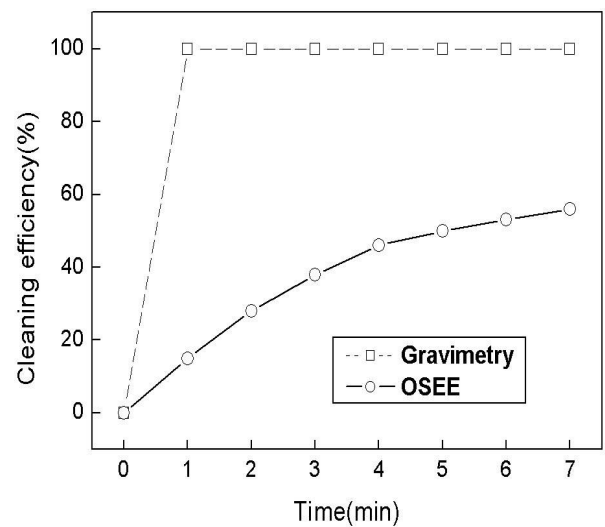


Figure 7. Comparison of cutting oil cleaning efficiency of methanol measured by the OSEE and gravimetric methods.

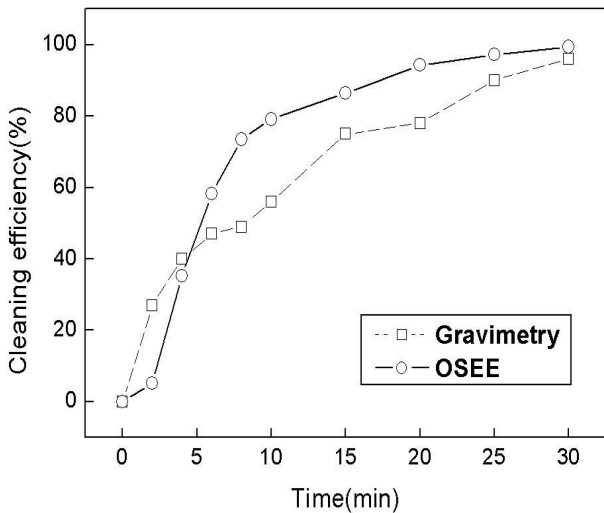


Figure 8. Comparison of mixed soil cleaning efficiency of AG1 cleaning agent measured by the OSEE and gravimetric methods.

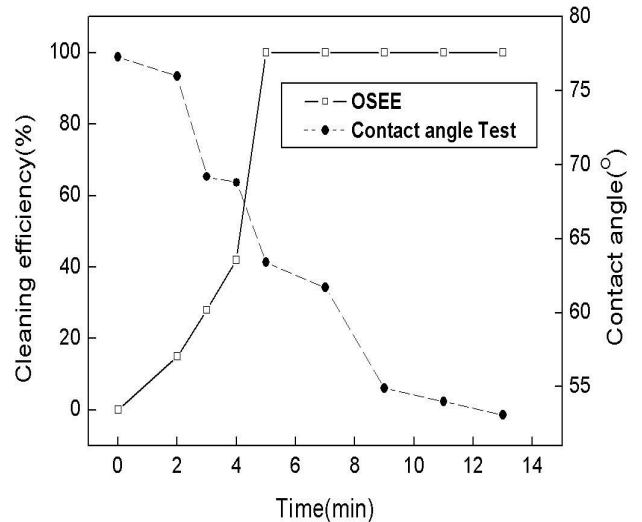


Figure 9. Flux cleaning efficiency of HCl cleaning agent measured by the OSEE method and the contact angle measured by the contact angle method.

이 가능함을 확인 할 수 있었다.

3.2.5. 혼합유 의 세정

Figure 8은 절삭유와 그리스의 혼합오염물을 세정제 AG1에 의하여 세정한 결과를 OSEE법과 중량법에 의하여 측정된 세정효율을 나타내었다. 혼합유를 세정한 경우는 flux를 세정한 경우와 마찬가지로 세정효율은 중량법과 거의 동일한 결과를 나타내었다. 따라서 오염물이 혼합유인 경우 OSEE법에 의한 세정효율 측정방법이 매우 효과적임을 확인할 수 있었다.

3.3. OSEE법과 접촉각 측정법의 세정성 평가 비교

3.3.1. Flux의 세정

Figure 9에 세정제 HCl로 flux를 세정한 경우에 대하여 OSEE법에 의해 측정된 세정효율과 접촉각측정법에 의해 측정된 접촉각을 나타내었다. OSEE법의 경우 시간이 지남에 따라 급격히 세정효율이 증가하여 세정시간 4분 이내에 100% 세정효율을 보여주었다. 접촉각측정 방법도 4분까지 접촉각이 80°에서 35°까지 급격히 떨어지고, 이후 점차적으로 감소되면서 세정시간 11분 이후에는 20°에 정체되어 있음을 볼 수 있다. 따라서 flux세정의 경우 OSEE법과 접촉각 측정방법이 세정효율 측정에 모두 효과적임을 확인할 수 있었다.

3.3.2. Solder의 세정

Figure 10에 세정제 HC2에 의하여 solder를 세정한 경우의 시간에 따른 OSEE법에 의한 세정효율과 접촉각측정법에 의해 측정된 접촉각을 나타내었다. OSEE법과 접촉각측정법에 의한 측정결과는 중량법에 의한 측정된 결과와 유사하게 서로 매우 다르게 나타났다. 이것은 solder가 금속입자들이 다량 함유되어 있어 OSEE법에 의한 측정의 경우 이들 금속입자들이 세정 후에도 잔류하여 높은 세정효율인 경우에도 OSEE방법은 낮은 효율을 나타내는 것으로 판단된다. 반면 접촉각측정법은 점차

세정되어가면서 110°에서 60° 미만으로 감소하는 것으로 나타났다. 그러므로 중량법에 의한 세정효율 변화와 유사하게 세정정도를 평가할 수 있다. 이것은 solder의 오염잔류물에 유기물질과 금속입자로 이루어져 세정이 진척됨에 따라 이들 오염물질이 점차 제거되어 접촉각이 작아지기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 solder 세정의 경우 OSEE법보다 더 유효함을 알 수 있다.

3.3.3. 그리스의 세정

Figure 11에 세정제 HC3에 의한 시간에 따른 그리스 세정 결과를 OSEE법에 의한 세정효율과 접촉각측정법에 의한 접촉각으로 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 OSEE법의 측정 결과는 처음 오염물을 도포했을 때는 제거효율이 0%였지만, 세

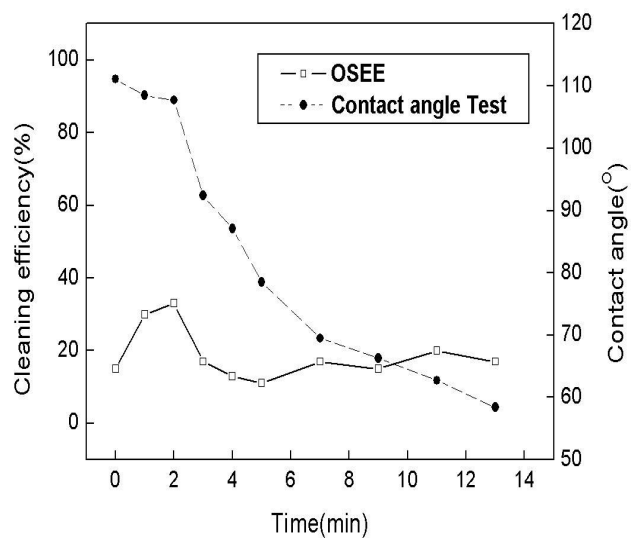


Figure 10. Comparison of solder cleaning efficiency of HC2 cleaning agent measured by the OSEE and contact angle measurement methods.

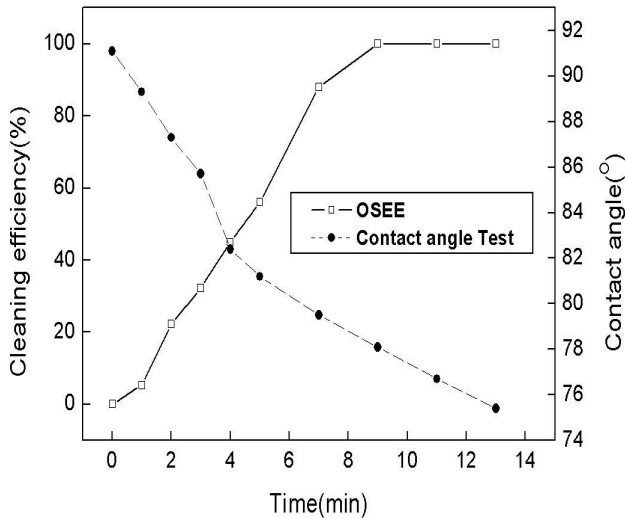


Figure 11. Comparison of grease cleaning efficiency of HC3 cleaning agent measured by the OSEE and contact angle measurement methods.

정 1분 후부터는 약 90%의 세정효율을 나타내다가 7분후부터는 100%의 세정효율을 보여주었다. 이것은 앞서 OSEE 측정 방법과 중량법에 의한 세정성 평가 비교에서 나타났듯이, 그리스가 세정되는 과정에서 세정제와의 반응으로 그리스가 매우 투명해짐으로써 UV가 그리스를 측정하지 못하고 투과하여 시편의 표면에서 UV를 불안정하게 반사시킴으로써 OSEE의 수치가 급격히 커지고 일정하지 않은 수치를 보여주었기 때문에 판단된다. 반면 접촉각측정법에서는 접촉각이 처음의 90°에서 세정시간이 지남에 따라 점차적으로 떨어지다가 9분 이후부터는 20°에 정체되는 것으로 나타났다. 따라서 앞서 언급했듯이 OSEE법은 중량법을 비롯하여 접촉각 측정법보다 그리스 오염물을 측정하는 데는 효율적이지 않음을 알 수 있다.

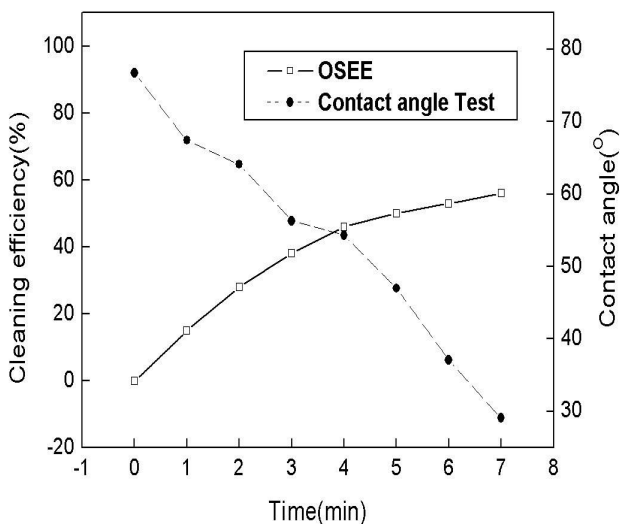


Figure 12. Comparison of cutting oil cleaning efficiency of MeOH cleaning agent measured by the OSEE and contact angle measurement methods.

3.3.4. 절삭유의 세정

Figure 12에 methanol에 의하여 절삭유를 세정한 경우의 OSEE법에 의한 시간에 따른 세정효율과 접촉각 측정결과를 나타내었다. OSEE법의 경우 시간이 지남에 따라 점차적으로 세정효율이 증가하였으나, 접촉각 측정방법에서는 접촉각이 90°에서부터 점차적으로 30°까지 떨어졌다. 따라서 절삭유 세정의 경우에는 중량법보다 OSEE법과 접촉각측정법이 세정성 평가에 매우 효과적임을 확인 할 수 있었다.

3.3.5. 혼합유의 세정

Figure 13에 세정제 AG1에 의하여 혼합유를 세정한 경우의 OSEE법에 의한 시간에 따른 세정효율과 접촉각 측정 결과를 나타내었다. 혼합유를 세정한 경우 세정시간이 증가함에 따라 OSEE 측정값은 증가하고 접촉각 측정값은 감소하여 세정효율이 증가하고 있음을 알 수 있었다. 그림에서 보는 바와 같이 세정 후 10분부터 접촉각은 30 의 낮은 수치를 나타내었고, OSEE 측정 세정효율도 80% 이상으로 세정이 많이 진행되었음을 나타내어 표면이 많이 세정된 것으로 판단할 수 있다. 이는 혼합유의 경우 OSEE방법에 의해 측정할 수 있음을 간접적으로 증명하는 것으로 OSEE방법은 접촉각측정 방법과 같이 효과적으로 혼합유 세정성을 평가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

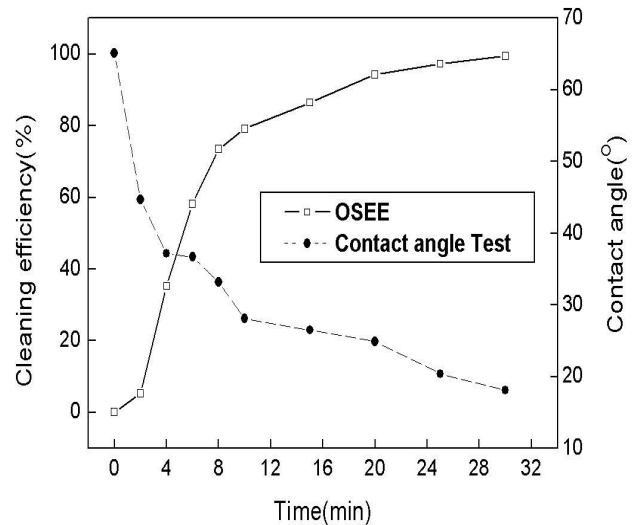


Figure 13. Comparison of mixed soil cleaning efficiency of AG1 cleaning agent measured by the OSEE and contact angle measurement methods.

4. 결 론

현재 세정성 평가방법으로 중량법, 접촉각측정법 등이 흔히 채택되어 사용되고 있으나, 본 연구에서는 현장에서 용이하게 적용할 수 있도록 보다 표준화되어 빠르고 정밀한 세정성능 평가 방법인 OSEE법에 관하여 연구하였다. OSEE법과 중량법 및 접촉각측정법에 의하여 측정된 세정성을 비교한 결과 플럭스, 혼합 오염물, 그리고 절삭유의 세정성 평가는 OSEE법이 중

량법과 접촉각측정법보다 더 효과적이고 유효한 것을 확인하였다. 오염물이 솔더와 그리스인 경우에는 OSEE법으로는 오염물의 잔류 유·무만을 알 수 있었으므로 OSEE법 보다는 중량법과 접촉각측정법이 보다 정확한 세정성을 평가할 수 있는 것으로 판단되었다. 즉, 한 가지 측정법이 모든 오염물이나 피세정물에 적용되기는 어려울 것으로 판단하였다. 중량법과 접촉각측정법에서는 시편 전체 구간을 측정하기 매우 어렵지만, OSEE법은 비접촉적인 면에서 큰 오차가 발생되지 않을 뿐만 아니라 전체 구간을 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 보다 빠르고 정확하게 측정할 수 있으므로 정밀 분석기기를 이용한 추출 분석법보다는 빠른 측정이 가능해 표면측정이 쉬워져 경제적 효과가 기대된다.

감 사

본 연구는 지식경제부 청정생산기술개발보급사업의 연구비 지원에 의해서 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Shin, J. H., Min, H. J., and Bae, J. H., "A Study on Cleanliness Evaluation Methods for Selection and Development of Environmental-friendly Alternative Cleaning Agents", The Proceedings of Fall Conference of the Korean Society of Clean Technology (2007).
2. Song, A. R. and Bae, J. H., "A Study on Cleaning Ability Method and Physical Properties of Industry Cleaning Agents", The Proceedings of Fall Conference of the Korean Society of Clean Technology (2006).
3. Chawla, M., "Precision Cleaning", The Magazine of Critical Cleaning Technology, pp.11~15, (June 1997).

4. <http://nesb.larc.nasa.gov/NNWG/VOL9.1/LARC/OSEE.html>.
5. Broughton W. R., and Lodeiro M. J., Project MMS8, Report No3, Assessment of Characterisation Techniques for Evaluating Surface Treatment for Adhesive Bonding, (June 2003).
6. Min, H. J., "A Study on Evaluation of Cleaning Ability Utilizing Optically Stimulated Electron Emission Method," Master's Thesis, University of Suwon, Korea, (2007)
7. Mattes, R. A., "Contamination Monitoring of RSRM Bonding Surfaces Using OSEE", Morton Thiokol, Inc. (1989).
8. Welch, C. S., " Feasibility Study of OSEE Inspection for Flux Residue on Electronics Assemblies", The Surface Mount International Conference, San Jose, CA (August/ September 1994).
9. Chawla, M. K., "Contribution to the Cleaning of Surfaces Session", ASM Materials Solutions Conference, St Louis, MO, October 9-12, (2000).
10. OSEE (Optically Stimulated Electron Emission SQM200, Photo Emission Tech., USA) Users' manual.
11. Cha, A. J., and Bae, J. H., "A Study on Cleaning Ability Influence and Physical Properties on the basis of 2,2,2-trifluoroethanol (TFEA)", *J. Korean Ind. Eng. Chem*, **16**(4), 533-541 (2005).
12. Jung, Y. W. and Bae, J. H., "A Study on Combination of Non-aqueous Cleaning Agents Alternative to CFC for Cleaning of Flux, Solder and Grease", *Clean Tech.*, **12**(4), 250-258, (2006).
13. Min, H. J., Jung, Y. W., Shin, J. H., Song, A. R. and Bae, J. H., "A Study on Evaluation of Cleaning Ability Utilizing Optically Stimulated Electron Emission Method", The Proceedings of Fall Conference of the Korean Society of Clean Technology, 2007, pp.60-65.