

단 신

## 전자·반도체용 스프레이 세정제에 대한 분사력 및 세정성 평가

허효정\* · 정용인\*\*\* · 노경호\*†

\*인하대학교 화학공학과  
402-751 인천광역시 남구 용현동 253  
\*\*한국기기유화시험연구원  
135-892 서울시 강남구 신사동 587-10  
(2009년 12월 22일 접수, 2010년 2월 23일 채택)

### Evaluation of Cleanliness and Jet Forces by Spray-Type Cleaning Agent for Electronic and Semiconductor Equipment

Hyo Jung Heo\*, Young An Jung\*\*\* and Kyung Ho Row\*,†

\*Department of Chemical Engineering, Inha University, 253 Younghyun-dong, Nam-gu, Incheon 402-751, Korea

\*\*Meter and Petrochemical Testing and Research Institute, 587-10, Shinsa-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-892, Korea

(Received 22 December 2009; accepted 23 February 2010)

### 요 약

본 연구에서는 PCB의 먼지 제거용 세정제로 사용되는 스프레이형 세정제를 선정하였다. 전자·반도체 부품의 세정에서 분무 세정의 원리를 적용시킨 제품의 분사력을 평가하기 위해 기관(IPC-A-36)을 사용하여 세정제를 분사하여 분사시간에 따라 그 이동거리를 비교하였다. 철가루와 먼지를 오염물, 기관(IPC-A-36)을 시편으로 하여 일반시험 평가법의 방법 중 가장 보편적으로 쓰이는 중량법으로 오염물에 따른 세정성능을 측정하여 비교하였다. 기관의 이동거리는 분사 시간이 늘어남에 따라 증가하였다. 1회 세정 시(3초간 분사) 먼지와 철가루는 오염물의 양이 증가함에 따라 세정 효율이 감소하였고 특히 먼지 오염물은 매우 급격한 세정효율의 감소를 보였다.

**Abstract** – A spray-type cleaning agent in utilizing dust-remover on PCB was chosen to study. In cleaning of electronic and semiconductor equipment, a substrate(IPC-A-36) was used to test the jet forces of the agent. And according to the jet forces time of the cleaning agent, the corresponding moving distances were compared with the spray times, and for the pollutants of iron powder and dust, the cleaning efficiency was tested with the IPC-A-36 by a weight method. The moving distance increased with the spray cleaning time longer. For a spray cleaning time of 3sec, the cleaning efficiency decreased with the amount of dust and the iron powder. It was also observed that the dust was remarkably removed, compared to the iron powder.

Key words: Spray-type Cleaning Agent, Jet Force, Cleaning Test

### 1. 서 론

산업에서 제품을 생산하는 과정에서는 부품이나 제품들이 오염되어 제품의 불량, 성능 및 기능 하자, 안전 및 위생 문제 등의 문제가 발생될 수 있다. 따라서 세정은 제품의 품질 및 가치향상, 제품의 성능 및 기능 향상, 부품 및 제품의 결함 등의 문제를 예방하기 위해 필요하며[1], 대부분의 산업분야에서는 제품의 품질을 향상시키거나 작업공정 중에 불필요한 이물질을 제거하기 위해서 여러 종류의 세정제들을 사용하고 있다[2].

세정성 평가의 방법에는 일반적인 시험평가법과 분석기기를 이용한 정밀시험평가법이 있다. 일반적인 평가방법은 중량법, OSEE, 점

측각, 광학현미경, 닦아내기법, 물방울법, 수막법, 분무법, 형광법 등이 있으며 이 중에서 중량법은 세정후 피세정물 시편에 잔류한 오염물의 무게를 측정하여 초기 시편에 오염된 양과 비교함으로써 세정성능을 평가하는 방법으로 가장 일반적이면서도 보편적으로 세정성능을 평가할 수 있는 방법이다[3,4].

세정제에 의한 세정기술은 대부분의 산업현장에서 지금까지 가장 많이 사용되어 왔고 여전히 보편적으로 사용되는 세정기술이다. 세정제와 같이 분사의 방법을 이용한 분무 세정기술은 저발포성, 인화점이 높은 세정제에 적용시킬 수 있다[5].

반도체 공정에 있어서 오염물은 크게 분자성, 이온성, 원자성 오염물의 세 가지로 나눌 수 있다. 전형적인 분자성 오염물은 자연산 또는 합성된 왁스류, 수지 그리고 기름 등이다. 이온성 오염물들은 식각공정 이후나 또는 증류수에 의한 린스공정을 거치면서 물리적이나

†To whom correspondence should be addressed.  
E-mail: rowkho@inha.ac.kr

화학적 흡착에 의하여 기관에 존재하게 된다. 특히 기관과 화학적 흡착으로 오염되어 있는 이온들은 제거가 어려우며 반드시 화학반응에 의해서만 제거가 가능하다. 원자 형태의 오염물들은 금이나 은 또는 구리, 철과 같은 중금속들이다. 원자 형태의 오염물을 제거하기 위해서는 금속을 녹여서 이온화된 금속을 합성시키는 작용제가 필요하다 [6].

반도체 전자 부품용 대체 세정제로 개발된 친환경적 제품 중, PCB 먼지 제거용 스프레이 분사형 세정제를 선택하여 [7] 분무 세정의 원리를 적용시킨 제품의 분사력과 세정성능을 측정하고 비교하는 것이 이 연구의 목적이다

## 2. 실험

### 2-1. 실험재료

지난 연구에서 사용한 동일한 PCB 먼지 제거용 스프레이 세정제를 사용하였다 [7]. 분사력과 세정성능 평가에 사용하기 위해 Fig. 1, a의 IPC-A-367기관(10.2×11.2 cm)을 준비하였고, 두꺼운 실을 준비하여 분사력 측정에 사용하였다.

오염물로 사용된 철가루(Fe F.W. 55.85)는 덕산약품공업(주)에서 구입하였고, 먼지는 실내에서 손이 닿지 않는 위치에 약 5개월 정도 쌓인 먼지들을 채취하여 사용하였다. 오염물과 혼합하여 도포를 쉽게 만들어줄 시약으로는 덕산약품공업의 아세토나이트릴을 사용하였다.

### 2-2. 실험방법

#### 2-2-1. 분사력

IPC기관의 초기 무게를 측정하고 기관에서 Fig. 1의 a에서 동그라미로 표시된 구멍(넓이: 7.07 mm<sup>2</sup>)에 두점의 두꺼운 실(각각 2 m)을 통과시켜 연결하고 두 줄을 IPC기관의 너비 정도의 거리로 평행한 상태로 지상에서 1 m 지점의 높이에 바닥과 평행하도록 설치하여 Fig. 1, b의 모식도와 같이 실의 두 줄에 매달아 놓는다.

스프레이 세정제의 노즐이 기관에서 10 cm 가량 떨어진 곳에서 분사시간을 달리하여 세정액을 분사한다(1, 2, 3, 4, 5, 6초). 처음 위치에서부터 기관이 실을 타고 이동한 거리를 측정한다. 각각의 분사 시간(1, 2, 3, 4, 5, 6초)에 따라 실험을 11회씩 반복한 후, 평균값을 측정한다.

#### 2-2-2. 세정성능

본 연구에서는 오염물질의 정량적인 평가를 위하여 세정성능 평

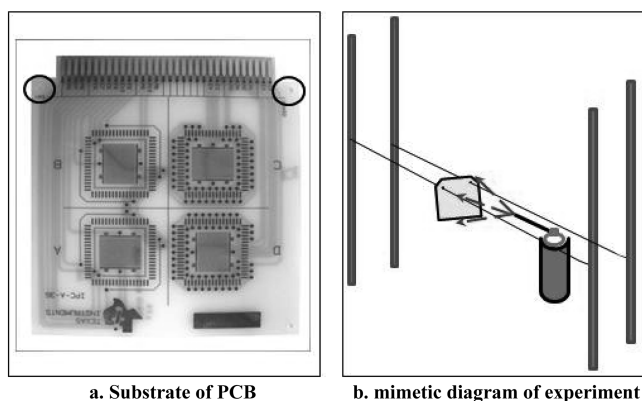


Fig. 1. Substrate and equipment of experiment.

가 방법에서 일반시험 평가법인 중량법을 이용하여 세정성능을 평가하였다. 중량법에 의한 세정성능 평가 방법은 세정 후 피세정물 시편에 잔류한 오염물의 무게를 1.0×10<sup>-4</sup> g까지 측정하여 초기시편에 오염된 양과 비교하여 세정성능을 평가하는 방법으로 세정효율은 아래의 식 (1)로 계산하였다.

$$\text{세정효율(CE, \%)} = \frac{(\text{초기 오염물 무게} - \text{잔류 오염물 무게}) \times 100}{\text{초기 오염물 무게}} \quad (1)$$

철가루 약 8 g과 아세토나이트릴 10 ml를 혼합하고, 도포하기 전 IPC기관의 초기 무게를 잰다. 철가루와 아세토나이트릴의 혼합물을 IPC기관에 고르게 도포하여 50 °C 오븐에서 1시간 건조시켜 아세토나이트릴을 모두 날려버린 후, 철가루만 남은 IPC기관을 실온에서 10분간 방치하여 식힌다. 기관의 무게를 측정하여 도포된 오염물의 양을 확인한다. 스프레이 세정제로 노즐과 기관의 거리가 10 cm가 되는 지점에서 3초간 분사하여 세정한 후, 다시 50 °C 오븐에서 10분간 건조시키고 실온에서 10분간 방치 후 기관의 무게를 측정한다. 같은 실험을 10회 더 반복하여 오염물의 무게에 따른 1회 세정효율을 구한다. 먼지 오염물은 먼지 0.4 g과 아세토나이트릴 10 ml를 혼합하여 철가루와 같은 방법으로 도포하고, 위의 방법과 마찬가지로 세정성 평가를 하여 철가루의 1회 세정효율과 비교한다.

일정한 오염물의 무게에서의 단일 세정성능을 구하기 위해 오염물 양의 편차가 작도록 8회의 실험결과를 모아 오염물의 차이가 50 mg이 넘지 않도록 하여 추가 실험을 한다.

먼지와 철가루 오염물의 세정이 모두 될 때까지 위와 같은 방법으로 오염물이 모두 제거되어 기관의 무게가 도포전의 초기무게가 될 때까지 세정제를 3초간 분사하는 실험을 한다. 이때 오염물의 도포량은 철가루와 먼지의 도포량의 편차가 작도록 한다. 강하게 분사되는 세정제의 특성에 따라 30초에 모두 세정이 될 것이라 예측하여 10회(총 30초 세정)까지의 세정은 3초의 동일한 분사 시간으로 실험을 하며 총 30초 세정이 끝나도 모두 세정되지 않으면 강한 분사로도 세정이 잘 되지 않는 오염물인 것으로 보고 이 후 세정에는 6초씩 분사하여 세정성능을 평가한다. 재현성의 확인을 위해 4회 실험을 반복한다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 분사력 측정 결과

Table 1는 분사시간(1, 2, 3, 4, 5, 6초)에 따라 IPC기관(33.57 g)이 장치된 실을 타고 밀려난 이동거리의 측정의 10회 실험의 평균값과 표준편차를 나타낸 표이다. 분사시간이 길어 질수록 이동거리가 증가됨을 확인할 수 있었고 이러한 이동거리의 증가를 Fig. 2의 통해 분사시간이 1초씩 늘어날 때마다, 이동거리가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

### 3-2. 세정성능 평가 결과

본 연구에서 사용된 스프레이 세정제는 세정액이 침투하여 오염물을 제거하는 역할 보다 스프레이로 분사의 영향을 직접적으로 받는 먼지와 스프레이 분사가 끝난 뒤에는 분사된 세정제가 오염물질을 충분히 끌어내려 준 뒤에 증발하는 특성을 육안으로 확인하였다. 세정제가 분사되는 먼지가 받는 분사압력이 세정에 많은 영향을 미

Table 1. Moving distance of PCB by spray time

Repetition	Time (sec)	Moving distance (cm)				
		1	2	3	4	5
Average(experiment of 11 times)		25.8	57.69	73.71	84.80	98.91
Standard deviation		0.17	7.82	7.70	1.13	3.84

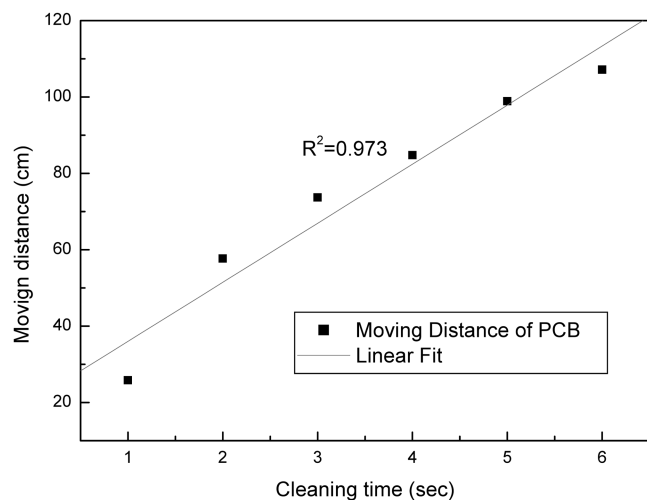


Fig. 2. Moving distance of PCB by spray time.

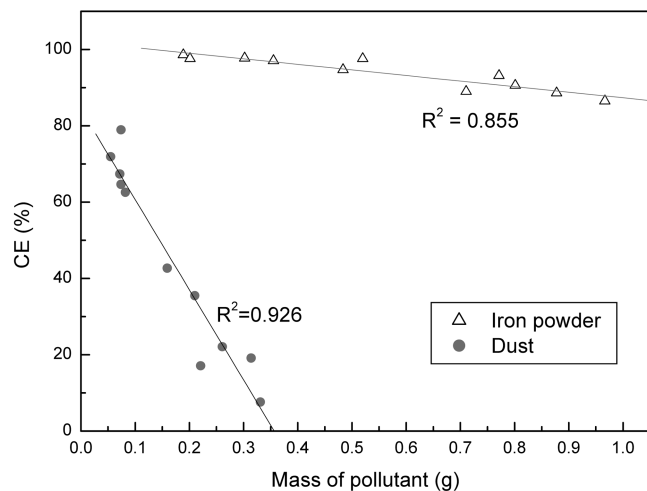


Fig. 3. Cleaning efficiency of iron powder and dust(spray, one-time, 3 sec).

치는 것은 육안으로 확인되었고, 오염물의 무게와 입자의 크기에 따른 영향 또한 큰 것으로 나타났다.

### 3-2-1. 오염물의 종류에 따른 1회(3초)의 세정성능 평가 결과

Fig. 3에 도포된 오염물의 종류와 양에 따른 세정성 평가 결과를 나타내었다.

입자자체의 무게가 매우 큰 철가루는 11회 의 세정 시 93.75%의

좋은 평균 세정효율을 보였으며 철가루에 비해 매우 작은 먼지의 입자의 경우 11회의 세정 효율의 평균이 44.50%로 좋지 않은 세정 효율을 보였다. 전체적으로 철가루와 먼지는 오염물의 양이 증가함에 따라 1회(3초) 세정효율이 감소했으며 오염물의 양이 증가함에 따라 먼지의 세정효율이 철가루보다 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 추세를 통해 철가루는 0.855, 먼지는 0.926의 비교적 높은  $R^2$ 값을 구하여 일정한 경향성을 확인할 수 있었다.

Table 2에는 오염물 양의 차이가 50 mg를 넘지 않을 때 1회 3초 세정시, 오염물(철가루, 먼지)의 세정효율과 그 평균치를 기록하였다. 철가루는 평균 455.8 mg의 오염물이 도포되었을 때 93.4%의 세정 효율을 보였으며 먼지는 평균 72.5 mg의 오염물이 도포되었을 때 69.2%의 세정 효율을 보였다.

### 3-2-2. 오염물의 종류에 따른 세정성능 평가 결과

Fig. 4에 철가루와 먼지의 세정성능을 비교하였다. 철가루가 3초 세정 후에 90% 이상의 세정효율을 보인 것에 반해 먼지는 24초까지의 세정 이후에 90% 이상의 세정효율을 보였다. 이는 오염물의 입자의 크기와 무게의 차에 많이 기인한 것으로 보이며 작은 입자로 엉겨있는 먼지 오염물은 끌어내려 주는 세정제의 특성에도 작은 입자가 서로 엉겨 붙어 세정이 수월하지 않은 것으로 보인다. 오염물이 모두 세정될 때까지의 4번의 실험에서 철가루와 먼지의 도포량은 철가루 0.1678 g, 먼지 0.2198 g으로 오염물의 양을 비교했을 때 차이

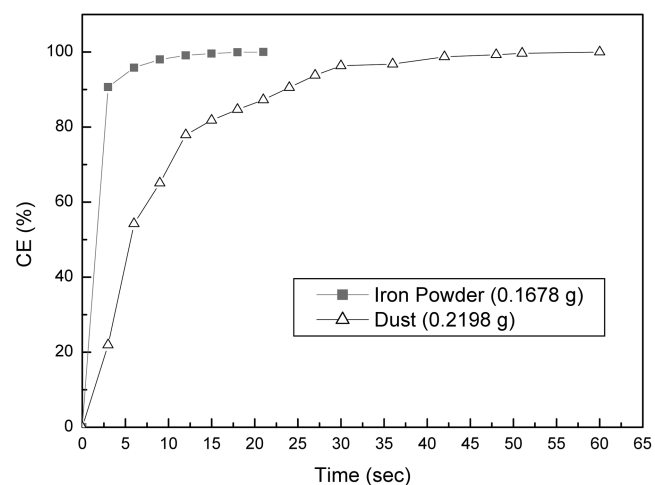


Fig. 4. Cleaning efficiency of iron powder and dust with spray time.

Table 2. Cleaning efficiency with iron powder and dust

Repetition	Pollutant		Iron powder		Dust	
			Mass of Pollutants (mg)		Mass of Pollutants (mg)	
			Initial	Final	Initial	Final
Average (experiment of 8 times)			455.8	30.0	93.4	72.5
Standard deviation			47.95	12.19	2.91	4.69

가 작았으며, 평균 1938 g의 오염물이 도포되었을 때, 각각 철가루는 21초만에, 먼지는 1분이 걸려서야 세정이 된 것을 볼 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에 사용된 스프레이 세정제는 높은 분사압으로 세정시에 세정대상에 침투하여 세정하는 세정제와 달리 오염물을 끌어 내린 뒤 증발하는 특성을 보였다. 세정제의 분사압을 직접적으로 받은 IPC기판의 이동거리는 분사된 시간(1, 2, 3, 4, 5, 6초)에 따라 증가하였으며 세정성능 또한 세정 대상의 무게에 따라 영향을 받았다. 1회 세정(3 sec 분사) 했을 경우, 철가루와 먼지는 오염물의 도포량이 증가함에 따라 세정효율의 일정한 감소를 보여주었는데 특히 먼지는 철가루에 비해 매우 급격한 세정효율의 감소를 보여주었다.

이러한 실험의 결과는 향후의 스프레이 세정제 분사력과 세정성능 개발에 도움이 될 것이다.

#### 참고문헌

1. Shin, J. H., Lee, J. H., Lee, M. J., Hwang, I. G. and Bae, J. H., "A study on the Cleanliness Evaluation Methods for the Selection of Alternative Cleaning Agents," *Clean Technol.*, **15**(2), 81-90(2009).
2. Lee, H. Y., Han, J. W., Lee, M. J., Park, B. D., Han, S. W., Lee, D. J., Park, S. W., Hwang, I. G. and Bae, J. H., "Effect of Formulation Conditions of Microemulsion-Type Semi-Aqueous Cleaning Agent on its Physical Properties and Cleanliness Performance," *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **14**(2), 142-151(2003).
3. Shin, J. H., Min, H. J. and Bae, J. H., "A study on Cleanliness Evaluation Methods for the Selection of Alternative Cleaning Agents," *Clean Technol.*, **15**(2), 81-90(2009).
4. Min, H. J., Shin, J. H. and Bae, J. H., "A Study on the Evaluation of Cleaning Ability Using Optically Stimulated Electron Emission Method," *Clean Technol.*, **14**(2), 95-102(2008).
5. Bae, J. H., "Alternative Cleaning Agents and Alternative Cleaning Technologies for Replacing CFC," *Prospect. Ind. Chem.*, **8**(2), 25-40(2005).
6. Kim, J. J., "Etching/Cleaning Process of the ULSI era," *Chemical Industry and Technology*, **13**(3), 240-249(1995).
7. Heo, H. J. and Row, K. H., "Cleanliness Test by Spray-Type Cleaning Agent for Electronic and Semiconductor Equipment," *Korean Chem. Eng. Res.*, **47**(6), 688-694(2009).