

대체 세정장치의 경제성 분석

노 경 호

KIST CFC 대체기술센터/공박

전자업계의

Flux제거용 필수

세정제인 CFC 113이 널리

사용된 이유는 세정제로서의

낮은 표면장력과 전도, 불연성 등의
고유하고 탁월한 물성, 높은 화학적 안정성,

높은 작업장 허용농도를 갖고 있기

때문이다. 현재까지 개발된 대체

물질중에서 CFC 113의 필적

할만한 우수 세정제는

구하기 힘들다.

1. 서론

몬트리올의정서에 의하여 오존층 파괴물질로 규정된 CFC 113의 사용규제가 1996년 이후로 시행됨에 따라서 이 세정제를 필수적으로 사용하는 전자업계 등에서는 이에 대응하는 방법에 상당한 관심을 기울이고 있다. 현재까지의 대응방안은 크게 나누어서 세가지로 나눌 수 있다.

첫째, 기존세정기를 개조하여 대체세정제를 사용하는 방법인데 기존 세정제인 CFC 113은 증기탈지방식으로 규제 받지 않은 염소계 세정제(methylene chloride, trichloroethylene, perchloroethylene 등)은 비점이 낮아서 기존 세정기에 Heater 또는 냉각능력을 보강하여 사용할 수 있으나 염소계 세정제의 작업장 허용농도가 낮고 휘발성 유기용매로서 대기오염 문제를 일으킬 수 있는 단점이 있다.

둘째, 대체세정제와 대체세정기를 사용하는 방법이며 이 방법은 수계 또는 준수계 대체세정제와 대체세정기를 사용하는 경우로서 대체세정제가 오존파괴지수가 대부분 0이기 때문에 규제를 받지 않지만 세정제와 세정기를 대체해야 하는 경제적인 부담이 생긴다.

셋째, 무세정방법이며 전자산업에서 납땜공정에서 사용되는 Flux를 저잔사 Flux를 사용하여 세정을 하지 않는 방법으로 전자제품의 신뢰도와 정확도가 요구되는 첨단 우주, 군사, 의료부문에는 사용하기가 곤란하다.

본고에서는 기존의 CFC 113의 대체 세정공정에서 기술적 및 경제적 가능성을 간단하게 비교 평가하는 방법을 소개하고자 한다. 즉 최종 사용자가 대체 세정공정을 선정하기 위한 예비적인 지침서가 될 것이다.

2. 기술적 가능성

CFC를 사용하지 않는 대체 세정공정에서 고려해야 할 중요한 사항으로서는 공정 호환성, 유동성, 세정성능, 장치 투자비(세정기 구입가격 및 필요한 경우의 폐수처리 비용), 유지비, 안전 및 환경문제 등이다. 대체 세정공정을 선정하기 위해서는 기술적 및 경제적인 측면에서의 가능성을 기준 CFC 113 세정공정과 비교하는 것이 바람직하다. Northern Telecom 사에서는 대체 세정공정들을 비교하기 위해서 표준화된 방법을 고안하였는데 이 방법을 사용하여 간단하게 여러 대체공정 중에서 예비적으로 기술적인 가능성을 검토하는데 사용될 수 있다. 기술적인 가능성의 기준에서는 비CFC 공정과 CFC 공정을 비교하여서 어려운 정도를 지수화(difficulty index, DI) 하였다. CFC 113인 경우 환경 문제로 인해서 산업적인 추세가 CFC 113을 사용하지 않기 때

문에 산업적인 추세와 환경문제의 항목은 10으로, 예비장비와 향후가격에는 5로 정하였고 나머지 항목에 대해서는 기존의 표준 세정공정으로서 1로 정하였다. 대체 세정공정에 대해서 표1에 나타난 각 항목에 대한 점수를 정하였는데 점수는 1에서 10까지로 세분하였다. 1은 가장 좋은 방법이고 가장 바람직하지 않은 방법은 10이다. 표1에 나타난 각 세정제의 점수는 절대적인 것이 아니고 유동적인 것이나, 이는 최종 사용자에 따라서 오염물질이 다르고 세정 요구 조건의 차이가 있기 때문에 일반적인 점수를 정하는 것은 상당히 곤란하지만 보통의 경우를 비교하기 위한 목적으로 정한 것이다. 각기의 대체 세정공정의 장점과 필요성을 표준화하여 점수를 정하였다가 가중치는 중요하게 고려해야 할 사항에 따라서 10에서 1까지 정하였다. 결과적으로 표1에서 보

표 1 CFC 113과 대체세정제의 DI(Difficulty Index)

| Difficulty Criterion | 가중치 | CFC 113 | HCFC | 알코올 | 초순수 | 물+계면활성제 | 준수계 | 무세정 | Inerted Wave | Inerted 1R |
|----------------------|-----|---------|------|-----|-----|---------|-----|-----|--------------|------------|
| 규격에의 적합성 | 9 | 1 | 2 | 5 | 6 | 6 | 7 | 10 | 10 | 10 |
| 불량률 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 |
| 산업적인 추세 | 8 | 10 | 7 | 8 | 7 | 4 | 7 | 5 | 8 | 8 |
| PCB에의 적합성 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | 1 | 1 |
| 공정의 유동성 | 7 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 5 | 2 | 2 |
| SMT 사용 | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| 예비장비 | 7 | 5 | 5 | 10 | 6 | 6 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| 공정제어 | 6 | 1 | 2 | 6 | 4 | 6 | 6 | 9 | 7 | 7 |
| 장치호환성 | 6 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 생산량 | 6 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 6 | 6 |
| 인체유해 및 안전문제 | 5 | 1 | 1 | 7 | 2 | 3 | 6 | 1 | 5 | 5 |
| 환경문제 | 4 | 10 | 8 | 1 | 3 | 5 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| 공정의 유용성 | 4 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 향후가격 | 4 | 5 | 5 | 1 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| 설치의 편의성 | 2 | 1 | 2 | 5 | 6 | 6 | 5 | 1 | 6 | 6 |
| 장치의 면적 | 1 | 1 | 1 | 5 | 7 | 7 | 7 | 1 | 6 | 6 |
| 기술적 가능성의 지수 | | 244 | 272 | 339 | 320 | 314 | 397 | 376 | 390 | 390 |
| 상대적 지수 | | 1.0 | 1.1 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.6 | 1.5 | 1.6 | 1.6 |

는 바와 같이 기술적인 가능성의 항목에서 CFC 113과 대체 세정제의 DI를 비교하였다. 각 항목의 가중치와 점수를 곱하고 더하면 각 기의 세정공정에서의 기술적 가능성의 점수가 된다. 상대적 지수는 CFC 113을 1로 하였을 때 세정공정에 따라서 상대적인 기술적 가능성을 나타내었다.

3. 경제성

경제성은 최종적으로 어느 대체 세정공정이 최적인가를 결정하는 중요한 요소이다. 각 세정공정의 NPV를 계산하여 비교할 수 있다. NPV를 계산하기 위해서 공정에 관련된 제반 비용은 장시간에 걸쳐서 결정해야 한다. 가장 단순한 방법은 세정공정에 대한 투자가 원년부터, 시작하여 투자회수율이 20%로 가정하고 5년간의 NPV를 계산하는 것으로 다음의 식으로 표시된다.

$$NPV = Cost\phi + \frac{Cost_1}{(1+i)} + \frac{Cost_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Cost_5}{(1+i)^5}$$

세정공정과 관련된 비용으로서 (1) 장치 투자비, 필요한 경우의 폐기를 처리 비용 (2) 원료물질값, 노동비, 유지비, Utility 비용 등의 유지비이다. CFC를 사용하지 않는 공정의 추산가격은 공정의 설계변수를 평가하는 예비 공정 설계에 의해서 얻을 수 있다. 유지비는 초기의 개념적인 값으로 추산할 수 있다. 표2에는 CFC 공정과 비CFC 공정의 NPV를 비교한 것이다. CFC 113 공정에서는 기존의 설치가 되어있고 작업중이기 때문에 투자비를 0으로 하였다. 그러나 CFC 113의 회수를 고려하여 장치를 개선하게 되면 투자비는 별도로 계상되어야 한다. CFC 113의 NPV는 \$329,000이고 알코올을 사용하는 경우는 \$754,000이다.

표 2 CFC 113과 알코올을 사용하는 세정공정의 NPV와 비교*

| | CFC 113(×1000, \$) | 알코올(×1000, \$) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| 투자비 | | |
| 세정기 | — | 250 |
| 폐수시설 | — | 100 |
| 총투자비 | — | 350 |
| 유지비 | | |
| 용매가격 | 35 | 25 |
| 노동비 | 30 | 30 |
| 유지비 | 15 | 50 |
| Utility | 30 | 30 |
| 총유지비 | 110 | 135 |
| NPV(Net Present value) | 329 | 754 |

출처 : Northern Telecom

* 위의 가격은 비교목적이고 특정한 상황에서 얻은 것이다.

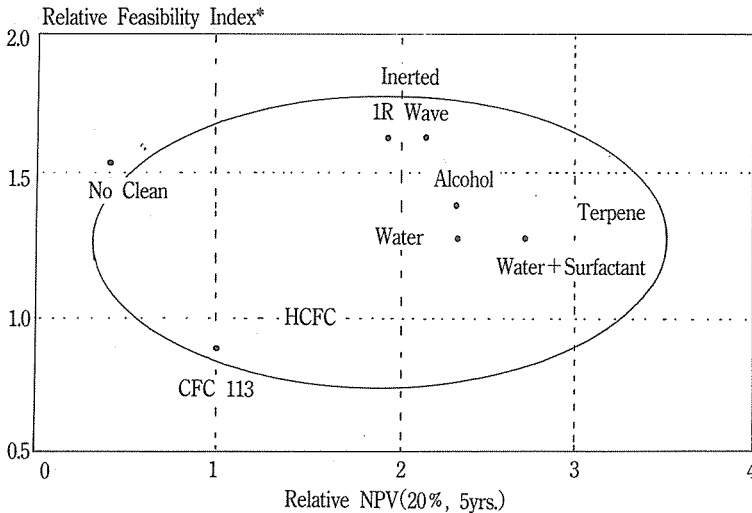
4. 대체세정공정의 선정

CFC 113의 대체 세정기술이 표3에 나타나 있다. 최적의 대체 세정공정을 정하기 위해서 기술적 및 경제적 가능성을 검토하기 전에 현재까지 응용 가능한 세정공정들에 대한 장단점을 파악해야 할 것이다. 대체 세정공정을 선택하기 위해서는 가능성이 있는 공정을 나열하고 각 공정의 DI와 NPV의 값을 계산한다. CFC 113 공정과 비CFC 공정의 DI와 NPV를 비교하고 모든 공정에 대해서 이 두개의 값을 얻으면 DI vs, NPV의 그래프를 작성하여 최종사용자의 원하는 세정공정을 예비적인 결정을 하게 된다(그림1참조). 이러한 평가방법을 토대로 DI와 NPV의 적정수준에서 결정하는 것이 바람직하고 각 대체 세정공정에 대한 합리적인 분석을 통한 선택을 할 수 있게 된다. 최종 사용자는 자신의 경우에 맞도록 DI, NPV의 값을 조절한 후에 중요도에 따라서 결정해야 한다.

표 3 세정기술의 장단점

| 세정기술 | 장 점 | 단 점 |
|------------------|--|--|
| 기존 염소계 중기 세정기 | <ul style="list-style-type: none"> - 세정계의 구입이 용이함 - 효율적인 중기 세정법 - 작은 회분식 방법에 효과적 - 건조공정이 불필요 - 재질호환성이 우수 - 불연성 | <ul style="list-style-type: none"> - 높은 독성 - 지구 온난화에 영향 - 궁극적인 대체 세정계가 아님 |
| HCFC 세정제 | <ul style="list-style-type: none"> - CFC 113의 중기세정제에 그대로 사용 가능 - 작은 규모의 세정공정에 이상적 - 효율적인 중기 세정법 - 건조공정이 불필요 - 불연성 | <ul style="list-style-type: none"> - 오존파괴지수가 0이 아님 - 휘발성 유기용매 - 값이 매우 비쌈 - 광범위하게 사용되지 않아서 사용자의 경험이 부족 |
| 알코올계 | <ul style="list-style-type: none"> - 유기 및 이온성 오염물질에 우수한 용해력 - 전자제품과의 우수한 재질호환성 - 전자부품 세정에 오래전부터 사용 - 건조공정이 불필요 - 낮은 독성 | <ul style="list-style-type: none"> - 가연성 - 휘발성 유기용매 - 증류 재사용 |
| 수계 | <ul style="list-style-type: none"> - 오래전부터 광범위하게 사용 - 장치규모에 관계없이 적합 - 수용성 Flux의 활성도는 매우 높음 - 로진계 Flux에도 사용가능 - 불연성 - 낮은 독성 | <ul style="list-style-type: none"> - 비경제적인 건조공정 - SMT 부품은 고압분무기가 필요 - 작은 공정에는 고압분무기 설치가 힘들 - 노즐이 막히지 않도록 연수를 사용 - 물의 정제공정이 필요 - 폐수처리시설이 필요 |
| 준수계 | <ul style="list-style-type: none"> - 오염물질에 대한 우수한 용해력 - 오염이 심한 용매에도 높은 용해력이 있음 - Terpene인 경우 다양한 조제에 따라 광범위하게 여러 피세정물에 적용 가능 - 장치 규모에 관계없이 적합 - 낮은 독성 | <ul style="list-style-type: none"> - 건조공정이 필요 - SMT 부품은 분부세정장치가 필요 - 이온성 오염물질에는 낮은 용해력 - 고농도에서 냄새의 문제 - 유출물의 처리 |
| 무세정 Flux | <ul style="list-style-type: none"> - 세정공정이 불필요 - 이온성 활성물질이 로진에 의해서 안전하게 규제 - Flux 잔사가 끈적이지 않고 거의 투명 - 가장 경제적인 대체 기술 | <ul style="list-style-type: none"> - 사용가능성의 충분한 검토가 필요 - 우수한 no-clean flux의 성질을 갖는 제품이 현재 개발중 - 세정요구조건이 심한 경우에는 사용하기가 불가능 |
| 제어된 환경에서 납땜 | <ul style="list-style-type: none"> - 세정공정이 거의 불필요 - 납땜성능의 향상 - 기존 장치에 설치 가능 | <ul style="list-style-type: none"> - 세정기 가격의 비경제적 - 고순도의 비활성기체가 필요 - 대기오염의 가능성 - 고효율세정공정에 사용하기가 부적합 |

<그림 1> 기술적 가능성과 상대적인 NPV의 관계



5. 결론

전자업계의 Flux 제거용 필수세정제인 CFC 113이 널리 사용된 이유는 세정제로서의 낮은 표면장력과 전도, 불연성 등의 고유하고 탁월한 물성, 높은 화학적 안정성, 높은 작업장 허용농도를 갖고 있기 때문이다. 현재까지 개발된 대체 물질중에서 CFC 113의 필적할 만한 우수한 세정제는 아직까지는 구하기가 힘들

다. 분류별로 대체세정제는 각기 고유의 특성을 지니고 있으며 장단점이 명백하고 또한 세정기술의 문제와 서로 연관되어 있기 때문이다. 개발된 대체 세정제를 사용하기에 앞서 가능한 기존 세정공정을 한곳으로 모아 중앙집중화 하고 꼭 필요한 것에만 세정공정을 도입하여 세정제의 사용량을 줄이려는 노력이 선행되어야 한다.

'93 중국 컴퓨터 전람회 개최 안내

1. 일시 : 1993. 12. 7~12. 11
2. 장소 : 북경 국제전시센터
3. 전시품목 : 컴퓨터 및 주변기가, 데이터 통신, 네트워크 시스템, 응용시스템, 소프트웨어 등

4. 주최 : China Great Wall Electronics Exhibition Corporation China International Exhibition Centre, Adsale Exhibition Services Ltd.
5. 문의처 : Adsale Exhibition Services Ltd
Hong Kong(Tel : 852-511, 0511)