

No-Clean Process의 최근동향 (I)

노 경 호

한국과학기술연구원 CFC 대체기술센터/박사

1. 서론

오존층 파괴 물질인 CFC 113과 1, 1, 1 TCE는 전자산업에서 PCB에 잔존하는 잔사를 제거하는 세정제로 되었지만 생산 및 사용규제에 따라서 전자업계에서는 PCB의 대체 세정방법중에서 무세정 납땜공정에 대해서 매우 큰 관심을 갖고 있다. 1987년 미국 EPA(환경청), DOD(국방성), IPC(the Insitute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits)는 공동으로 용매작업반을 구성하였다. 군사규격이나 기준으로 인해서 특정제조공정에서 사용되어야 하는 flux와 세정제를 명시하여 무세정공정의 사용을 억제한다고 결론을 내렸다. 이러한 규제는 기술적인 발전을 저해하였다. 이 용매작업반에서는 다음의 세단계의 평가방법을 마련하였다.

(1) Phase 1 : CFC 세정제를 기준으로 몇 가지 대체세정제를 시험하였다.

(2) Phase 2 : 위의 기준에 대해서 대체세정제를 평가하고 기준과의 청정도를 비교하여 허용

여부를 결정하였다.

(3) Phase 3 : 조절된 분위기 하에서 무세정 공정을 평가하였다.

1990년에는 EPA, ICOLP, IPC에서 무세정 기술에 관심을 갖게 되었고 주요 참여 회사는 AT&T, Ford, General Electric, Motorola, Nothern Telecom이다. 위의 기관과 회사의 공동 노력으로 새로운 무세정 기술과 저렴한 가격으로 판매시장에서 큰 호응을 받기 시작하였다.

1992년 11월 코펜하겐에서 열린 몬트리올 의정서 회의에서는 CFC 113과 1, 1, 1 TCE는 1996년 이후에는 완전히 사용하지 못하며 개발도상국에서는 런던회의에서 결정한대로 CFC 113은 2010, 1, 1, 1 TCE는 2015년 이후에는 사용할 수 없게 된다. 또한 HCFC에 대해서는 1996년에 생산을 동결하고 2000, 2010, 2020년에 단계적으로 감축하여 2030년에는 완전히 사용하지 못하도록 하였다. 그러나 HCFC에 대해서는 개발도상국에서는 규제가 되지 않는다.

본고에서는 최근 전자산업에서

큰 각광을 받고 있는 무세정 공정에 대해서 선진국의 예를 중심으로 한 최근 동향에 대해서서술하고자 한다.

2. 미국의 대기청정법

1990년에 수정된 미국의 대기청정법(Clean Air Act)의 602조에는 규제 받는 대기 오염 물질이 나열되어 있다. 이러한 오존파괴물질은 Class I과 Class II로 나뉘고 Class I에는 CFC 113, 1, 1, 1 TCE, Class II에는 HCFC 141b, HCFC 123, HCFC 225 ca/cb 등의 세정제들이 포함되어 있다.

1) 604조와 605조

대기청정법의 604조와 605조에는 Class I, Class II의 오존층 파괴물질에 대한 규제일정이 명시되어 있다. 대기청정법은 현재 작년 코펜하겐에서 합의된 규제일정에 따라서 개정작업 중이다. 605조에서는 HCFC에 대한 규제일정을 명시하고 있는데 2015년에 생산을 중지하고 2030년까지 완전히 사용을 금지할 것

이다. EPA에서는 오존층 파괴물질들을 몬트리올 의정서에 명시된 일정까지 단축할 것이라고 공표하였다. 이러한 규제로 인해서 생산이 위축되기 때문에 HCFC의 재 활용에 관심이 높아질 것이다.

2) 608조

608조에 의거하여 EPA에서는 1992년 7월에 609조에서 다루는 이동식 에어컨을 제외한 모든 냉동 장비에서의 배출은 가장 낮은 수준까지 감축되어야 한다고 발표하였다. 이 사항은 오존층 파괴 세정제를 사용하는데 직접적으로 중요한 것은 아니지만 냉동 또는 냉각시설이 있는 부분에 대해서는 고려를 해야한다. 이러한 설비를 다루는 사람들은 적절하게 재생 및 회수에 관심을 가져야 하며 특히 HCFCs를 자동차이외에서 배출하는 것은 1992년 7월 1일 이후에는 규제가 된다.

3) 610조

610조에 의거하여 EPA에서는 Class I, II 물질들을 제조, 사용, 저장, 폐기하는 동안에 방출하는 특정 필수불가결하지 않는 품목에 대해서는 판매 또는 배포를 하지 못하도록 하였다. 미 의회에서 정의한 필수불가결하지 않은 품목에는 비상업용 전자 또는 사진기기, 경적기 등이 이에 포함된다. 더욱이 의회에서는 지침서를 만들어서 EPA가 추가 품목을 결정하도록 하였다. Class I을 배출하는 필수불가결하지 않는 품목에 대한 규제법안은 1993년 1월 15일에 출간되었다. 또한 EPA에서는 분사제, 발포제, Class II의 물질을 방출

하는 품목에 대해서 판매 및 배포를 1994년 1월 1일 이후에는 금지한다. 이에 대한 규제법안은 현재 EPA에서 준비되고 있다.

4) 611조

611조에 의거하여 EPA에서는 1992년 5월 15일에 규제법안을 발표하였는데 Class I의 물질로 제조하거나 포함하는 품목과 Class I/II의 용기에 label을 부착하도록 요구하고 있다. 이는 다음과 같은 경고문이다.

“Warning : Contains or manufactured with (insert name of substance), a substance which harms public health and environment by destroying ozone in the upper atmosphere.”

일반사람에 의해서 쉽게 확인하도록 오존층 파괴물질의 화학명을 명기해야 한다. 1993년 2월 11일 EPA에서는 Federal Register에 경고 표시문에 대한 최종 규칙을 발표하였다. 대기청정법에서는 경고표시판을 부착하는 품목에 대한 규칙을 마련하였는데 이는 다음과 같다.

(1) 1993년 5월 15일 부터 유효하며 Class I/II 물질이 저장되거나 이동되는 저장용기 또는 Class I 물질을 포함하는 품목에 대해서는 label로 부착해야한다.

(2) 1993년 5월 15일부터 유효하며 Class I 물질로 제조된 품목은 label을 부착해야 하지만 EPA의 판단에서 Class I 물질을 사용하지 않거나 인체나 환경에 전체적으로 위험성이 적고 현재 또는 장차 구할 수 있는 대체물질 또는 대체공정이 없는 경우에는

Class I 물질로 제조한 경우에도 일시적으로 label의무가 면제될 수 있다. 대체물질이 없기 때문에 Class I 물질로 제조되지만 EPA로 부터 label의 의무가 면제되면 이러한 품목들은 2015년 1월 1일 이후에는 label을 부착해야 한다. 1986년 기준 Class I의 물질의 사용량을 95% 이상 감축한 품목에 대한 label의무는 면제가 된다.

(3) 2015년 이전에 Class II를 포함하거나 제조한 품목에 대해서는 label을 해야 한다.

대기정화법에는 Class II 물질 또는 Class I/II 물질로 만든 품목에 대한 Label 요구조건에 대한 이의를 허용하고 있다. 이 절차는 1993년 5월 15일에서 2015년 1월 15일까지 할 수 있다. Class I으로 제조된 물질에 대해서 이의 신청이 받아들여 지게 되면 label을 부착하지 않아도 된다. 또한 Class II 물질로 제조되거나 포함된 품목에 대해서는 이의 신청으로 label을 부착하지 않게 될 수 있게 된다.

5) 612조

612조에서는 현재 또는 앞으로의 대체물질에 대한 환경영향을 평가하는 방안을 확립한다. 오존층 파괴의 대체 물질이 환경적으로 허용될 수 있는 가를 법규에 의해서 확인하게 된다. EPA에서는 Class I/II 물질을 인체 또는 환경에 유해한 물질로 대체하는 것이 불법으로 규정하고 금지 또는 허용 대체물질을 발표하고 기존 결정에 대한 이의 신청을 수용하며 Class I 물질의 대체물질을 생산

하는 회사는 판매 90일 이전에 EPA에 통지할 뿐만 아니라 안전성에 대한 데이터를 제공해야 한다. 612조를 이행하기 위해서 EPA에서는 각기의 최종사용에서 대체물질에 대한 환경 위해평가를 하며 SNAP(Significant New Alternatives Program)으로 Class I에 대한 향후 대체물질을 평가한다. 이를 위해서 EPA에서는 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health), OSHA(Occupational Safety and Health Administration) 등의 정부기관과 관련 단체와 공동으로 의견을 종합하여 대부분의 주요 대체물질에 대한 작업장의 노출농도를 결정할 것이다. 대체물질에 대한 환경위해평가는 다수의 환경기준 예를 들면 ODP(오존파괴지수), 독성, 인체 허용농도 등이다. 경제성 또한 고려될 것이다. EPA에서는 사용분야별로 이러한 평가를 하여 사용여부를 결정하게 되며 제조자는 기준에 부합하도록 해야 한다. EPA에서는 1993년 5월 12일 "Notice of Proposed Rulemaking"이라는 규칙은 만들었는데 최종안은 1994년 초에 발간될 예정이다. SNAP에서는 최종안에 포함되지 않은 대체물질을 통상적으로 평가하여 위해성 평가에 따라 분류할 것이다.

3. 가속화된 오존파괴물질의 사용 규제

Class I의 모든 물질(CFCs, Halons, Methyl chloroform, Carbon Tetrachloride)는 1996

년 1월 1일 이후에는 생산이 규제된다. 필수사용 등의 제한적인 예외는 이의 신청에 의하여 허용될 것이다. Bush 전 미대통령에 요청에 의하여 이러한 물질의 제조자는 생산량을 1986년 생산 수준의 50%를 1992년 말까지 감축하였다. 미국에서는 HCFC에 대한 개정된 규제일정에 대하여 검토를 하고 있으며 methyl bromide에 대한 규제의 가능성을 평가하고 있다.

1991년부터 미의회에서는 미국에서 제조되거나 사용을 위해서 수입된 오존층 파괴물질에 대한 물품세를 부과하였다. 따라서 CFC 113 또는 1, 1, 1 TCE의 대체물질을 사용하도록 하는 계기가 되었다. 각 물질에 부과되는 세금은 다음과 같다.

	CFC 113	1, 1, 1 TCE
1991	\$1.096	\$0.137
1992	\$1.336	\$0.167
1993	\$2.680	\$0.211
1994	\$3.480	\$0.435
1995	\$4.280	\$0.535

주) 1993년 1월 1일부터 오존층 파괴물질에 대한 세금은 1992년 에너지 정책안에 의하여 인상되었다.

4. 세정 또는 무세정 공정을 선정하는 방법

인쇄회로기판에 무세정공정을 선정하는 방법은 고려해야 할 중요한 사항이 많다. 이는 주로 기술적인 면과 경제적인 면으로 나눌 수 있다.

1) 기술적인 면

(1) 규격과의 적합성

군사 또는 민간 규격에서는 공정의 변수 및 성능을 엄격히 규정

할 수 있다. 예를 들면 군사 및 다른 고신뢰도 규격 등은 자주 Conformal coating을 요구한다. 잔사가 많으면 발포와 같은 표면불량을 일으킨다. 선정된 공정에서 이러한 종류의 문제가 발생하지 않도록 확인해야 하지만 다른 종류의 품목에서는 문제가 되지 않을 수 있다. 새로운 공정을 선정하기 전에 현재 또는 앞으로의 요구조건을 고려해야 한다.

(2) 불량률

불량률은 품질기준에 맞추지 못하는 부품의 정도로서 세정 또는 무세정공정이 시험, Post-wave Assembly 등의 공정에 미치는 영향을 고려해야 한다. 새로운 세정 공정 또는 무세정 공정을 사용하면 이 공정과 호환성이 있는 새로운 부품을 구매할 수 있다는 것을 명심해야 한다.

(3) 반송률

반송된 부품이 얼마나 쉽게 수리되는지의 문제이다.

(4) 산업적인 방향

산업적인 추세에 의한 공정에 투자를 하는 것은 비용을 절감할 수 있다. 기준장비와는 달리 특수한 장치는 부품이나 수리에 경비가 많이 들고 기술적인 자문이나 위험성이 증대된다.

(5) PCB의 외관

육안에 의한 외관이 제품의 성능과 무관하여 중요성이 덜하지만 일반 고객들은 여전히 전자부품에 대해서 깨끗하게 보이는 것을 선호한다.

(6) 제조업체

납땀이건 단계에서 PCB 또는 부품의 청정도는 무세정공정을 사용할 수 있는지의 여부를 결정짓는

중요한 사항이다. 기관 공급업체는 산화물 또는 다른 오염물질이 없는 물질을 제공하는 것이 필수적인데 제조과정중에서 더이상의 세정작업이 없을 수 있기 때문이다. 그러나 기관이 대체공정을 사용하여 세정을 하는 경우에는 기관의 오염정도는 덜 중요하다.

(7) 공정의 유동성

효율적으로 새로운 공정을 이용하여 납땜할 수 있는 여러가지 기술의 수를 의미하며 대표적인 물질과의 호환성을 고려해야 한다.

(8) 공정제어

공정제어는 납땜이나 세정공정을 조업하는데 편리성을 뜻하며 단순한 공정들은 공정제어의 견지에서 더욱 유리하다. 공정제어는 원활하게 작동되게 하는 기술 등과도 연관이 있다. 쉽게 조절할 수 없는 공정은 바람직하지 않다.

(9) 생산량

생산량은 무세정 방식의 적용여부가 대체세정방식의 경우보다 더욱 중요하다. 무세정 납땜은 생산량이 작은 공정이나 여러종류의 많은 부품을 사용하는 경우에는 적용하기 곤란할 수 있다. 규모가 작은 제조업체이면 소량의 부품을 구입하여 몇 년씩이나 재고로 남아있을 수 있다. 부품들이 공급 측에서 깨끗한 상태로 보내진다고 할지라도 보관하는 동안에 오염이 될지 모르

며 이는 납땜에 해를 끼칠 수 있다. 그러나 규모가 큰 업체에서는 부품들이 쉽게 소모되어 오염이 될 가능성이 상대적으로 작다.

(10) 시간

기존 공정을 전환하기 위해서는 이전 장치들을 치우거나 새로운 장치를 설치하거나 시험을 통하여 세정방법을 확립하고 직접 생산에 적용시켜 보아야 한다. 처음에는 생산량을 적게하고 점차적으로 전체 생산량에 맞도록 할 수 있다.

(11) 안전성

EPA에서는 대기청정법의 612조(Safe Alternatives Policy of the Clean Air Act, 1990)에서 대체물질에 대한 총괄적인 위험성평가를 실시하고 있는 중이다. 이 평가는 오존파괴의 가능성, 가연성, 독성, 노출영향, 에너지 효율, 분해영향, 대기, 수질 및 고형폐기물에 대한 오염의 영향, 대기방출, 지구온난화의 가능성에 주안점을 두고 있다.

(12) 가격

경제성은 폐기물 처리비용과 현재 입안중인 규제법안에 관련되는 모든 비용이 포함된다.

(13) 유용성

유용성은 산업적인 방향과는 다르다. 유용성이란 판매자가 장치를 공급할 수 있는지 또는 공정이 실용화 되는지의 여부와 관계된다.

예를 들면 일부 대체물질은 제한된 지역에서만 소수의 판매자로부터 구입할 수 있다.

(14) 설치

장치를 실제로 생산에 투입하고 공정을 설치하여 피세정물을 다루는 일, 고용자의 훈련 등이 포함된다.

(15) 호환성

특정 공정에 의한 변형의 수가 적으면 적응수준을 변환을 하여 성공적으로 될 가능성이 많다. 공정의 변환에 필요한 전후 단계의 흐름을 고려해야 한다.

(16) 소요면적

사용가능한 총 면적과 지가는 공정선택에 큰 영향을 미친다. 새로운 공정을 설치하기 전에 허가를 필요로 하는 경우도 있다. 기존의 증기세정과 비교하여 무세정 공정은 설치면적이 작지만 대부분의 대체세정공정은 더 많은 면적이 필요하다.

(17) 조업 및 관리의 필요조건

새로운 공정마다 조업 및 관리절차의 개발이 선행되어야 조려한다. 새로운 공정이 조업하는 데 추가의 인력이나 특수한 조작에 대한 훈련이 필요한 경우가 있는 반면에 소요노동력이 줄어드는 경우도 있다.