

세정제와 오존층과의 관계

<연 재>



이 석 우
국립기술품질원 화학부
유기화학과 이학박사

6. 대표적인 대체물질 및 대체기술의 동향

특정물질의 규제일정이 단축 강화되면서 특정물질을 대체할 수 있는 물질 개발이 필요하게 되었으며 연구 또한 활발히 진행되고 있으나 이렇다 할 물질이 아직 개발되지 못하고 있는 실정이다. 현재까지 개발된 대체물질은 기존의 CFC나 1,1,1-TCE에 비해서 세정성능이 떨어지거나 광범위하게 쓸 수 없는 단점이 있다.

아래에 지금까지 개발 연구된 대체물질 및 대체기술의 동향을 열거하였다.

① 신규 대체프레온

세정용 대체프레온으로 개발된 C₃계 프레온으로는 일본의 Asahi Glass사가 제조하고 있는 HCFC-225ca, HCFC-225cb가 있다. 이 물질의 기본적인 성능은 CFC-113과 같으나 아크릴 수지를 용해한다는 단점이 있다.

HCFC-225ca와 225cb는 모두 C₃HCl₂F₅의 조성으로 구성되는 이성체로서 수소원자의 존재가 대류권에서의 분해를 촉진시켜 오존층 파괴에 거의 영향이 없

는 것으로 평가되고 있다.

이물질은 불연성이고 끓는점, KB값 (용해력 지표), 표면장력, 밀도, 점도 등이 CFC-113과 유사하여 유력한 대체물질로 생각되고 있다.

현재 상업생산 공정에 대한 연구 및 PAFT-IV에서 장기 안전성 시험이 진행중이다. 상품명은 AK-225이다.

② 불소계 알콜

불소계 알콜로는 일본의 다이킨사가 개발한 5FP(5불화프로판올)가 있다.

이물질은 수용성이기 때문에 수용성 용제의 세정이나 탈수 건조용으로 이용할 수 있다. 그러나 ABS수지 등을 용해하기 때문에 대체 대상물 선택에 주의가 필요하다.

【표 1-9】는 다이킨사에서 생산하고 있는 5FP계 세정제인데, 5FP와 다른 물질을 혼합하여 보다 적합한 성질을 갖는 세정제 개발을 시도하고 있다.

③ 무세정화 프로세스

미국의 Northern Telecom사는 프린트기판 공정을

[표 1-9] 5FP계 세정제 (일본 다이킨사 제조)

상품명	5P	5P-W	5P-X	
성분조성	C ₃ F ₅ H ₂ OH (5FP)	5FP/물(공비혼합물)	5FP/계면활성제	CFC-113
용도	수용성 플렉스세정 탈수건조	수용성 플렉스세정 탈수건조	로진계 플렉스 세정 탈수건조	일반세정
표면장력	19	22	18	18
K B 값	36	33	43	31
비 점	80.7	77.3	81	47.6

개선하여 무세정 공정을 개발하는데 성공했다. 동시에 이 공정을 개발하기위하여 1988년부터 1991년 까지 약 8억원정도를 투자했으나, 대체 기술을 사용한 결과 약 30억원 정도의 비용을 절감할 수 있었다고 한다.

동사의 무세정법은 98%의 알코올과 2%의 고체물질로 구성된 플렉스 혼합물을 사용하는 방법으로 기기에 납땜이 된후 플렉스가 증발하므로 더 이상의 세정공정이 필요없게 된다.

동사는 이 공정을 전 세계 42개 제조시설에 도입하였다.그러나 아직은 미국 군사납품계약의 요건을 만족할만큼 보장할 수 없다고 회사측은 밝히고 있다.

④ 수계 세정

수계 세정은 크게 3가지로 나누어 볼수 있다. 즉 ① 순수세정 ②용제와 계면활성제를 혼합한 수계 혼합물에 의한 세정 ③ 탄화수소 및 비누화처리제 등에 의한 오염제거 후 순수한 행굼 등이다. 제거하려는 오염물질의 종류에 따라 세정제의 성분이 달라지는데, 이온성 오염은 물, 유성오염에는 계면활성제 및 탄화수소, 입자 오염에는 초음파 등의 물리적인 힘이 유용하다. 따라서 순수세정을 하기 위해서는 전자부품의 경우 수용성으로 변경해야 한다.

미국의 Hughes Aircraft Co.는 로진계 납땜 플렉스를 시트릭산계 플렉스로 대체함으로써 물로만 세정할 수 있도록 공정을 바꾸었다. 이 플렉스는 HF1189라고 부른다.

이러한 전자제조 공정은 엄격한 미국 군사 기준도

만족시킨다고 하는데, 동사가 다년간 사용하고 있는 30만 파운드의 프레온중 2/3가량을 감축하는 효과를 가져온다. HF1189플렉스를 사용하면 탈지공정을 생략할 수 있고 솔더링 사이클 타임을 50%이상 단축시킬수 있어서, Hughes사는 솔더링 기계 1대당 약 8천만원의 경비가 절감된다고 한다.

비 수용성의 로진계 플렉스는 알칼리 비누화제로 로진계 플렉스를 로진 비누화시켜 물로 세정할 수 있다.

또한 [표 1-10]은 상품화된 수계 세정제를 정리한 것이다.

⑤ 알코올 세정

에탄올, 이소프로필알콜(IPA), 고급 알코올 등이 세정제로 사용되고 있다. 일본의 Tokyo Electric Engineering College는 알코올로 세정이 가능한 새로운 납땜용 플렉스를 개발하였다. 이 플렉스는 IPA로 세정이 가능한데, 화학성분은 디옥틸포스페이트, 디페닐포스페이트, 부틸페닐포스페이트, 옥틸페닐포스페이트이다. 납땜의 용융점에 따라 이들 화합물 중 적합한 물질을 선택할 수 있다.

우주항공기, 인공위성의 추진제를 생산하고 있는 Martin Marietta사는 추진제 부품을 세정하기 위해 여러 가지 대체세정기술을 연구하여 왔다. 즉 고압수, 이산화탄소, 초임계액체, 플라즈마, UV/오존, 레이저 등을 이용한 세정기술을 검토해 보았으나 높은 수준의 세정성, 안전성 등을 만족시켜 주지 못하는 것으로 밝혀졌다.

【표 1-10】 수계 세정제

종류	상품명	회사명	비고
물		Hughes	플릭스 변경(HF1189)
물/계면활성제	아사히클리너-T-325	아사히화연	
물/비누화제	아사히클리너-T-225 아사히클리너-T-125		
	클린스루-710	화왕	
	DK비클리어 CW5720	제일공업제약	

- 1) 세정대상물 : 납땜 후 회로기판의 플릭스(글라스, 에폭시)
- 2) 세정 메카니즘
알칼리비누화제(15% 순수희석)로 기판표면에 부착한 로진계(RA 타입)플릭스를 박리 로진 비누화시켜 물로 세정한다.
- 3) 장치조 구성
기판반송 속도 : 1m/min

【표 1-11】 탄화수소계 세정용제

상 품 명	화 학 성 분	제 조 회 사
	N-methylpyrrolidone	BASF
Axarel - 38	용제/계면활성제에멀전	듀폰 · 삼정(三井)
Axarel - 52	마이드탄화수소계용제/방청제	듀폰 · 삼정(三井)
PINE ALPHA ST-920		황천 화학

동사는 1, 1, 1-TCE으로 전세정한 후 CFC-113으로 마무리 세정을 하는 방식을 취해 왔는데, 수용성 세정제로 세정한 후 IPA 스프레이로 세정하는 방식이 매우 효과적인 대체 방법인 것을 발견하게 되었다.

일본의 황천 화학은 고급 알코올을 사용한 대체세정제인 PINE ALPHA ST-100 과 PINE ALPHA ST-930을 생산하고 있다.

⑥ 탄화수소계 세정제

탄화수소계 세정용제는 금속세정이나 로진 플릭스 세정에 응용 할 수 있다.현재까지 개발된 탄화수소계 세정용제로는 [표 1-11]과 같은 제품들이 있는데, 최근 미국의 듀폰사는 생분해성 용제인 Axarel 32, Axarel 6100, Axarel 9100을 추가로 개발하였다.

Axarel 6100과 Axarel 9100은 메틸클로로포름 정도의 효율성을 가진다고 한다.

⑦ 천연물계 세정제

터어핀계 세정제는 인체와 환경에 해가 없고 Heavy grease, tar, wax 등과 같이 제거하기 어려운 오물이나 때를 세정할 수 있다는 장점을 가진다. 터어핀계 세정제는 Citurs나 pin계 이소프렌 올리고머로 되어 있다.

Petroferm사는 AT&T 사와 협력하여 1988년 Bioact EC-7이라는 대체 세정제를 개발했다. 이것은 오렌지 등과 같은 감귤류의 표피로부터 얻은 터어핀계 탄화수소를 주성분으로 해서 특수한 계면활성제를 첨가한 것으로 염소를 함유하지 않아 오존층에

영향을 주지 않는다.

AT&T사가 사용한 결과 Bioact EC-7은 프린터기판의 세정에는 CFC-113 또는 다른 염소계 용제와 동등 이상의 효과를 나타내고 있고, 가격은 1갤런당 1250달러로 총비용도 CFC-113 사용때와 거의 동등하다고 한다. 단, Bioact EC-7의 결점은 증기 탈지작업에는 적당하지 않으며, 피부에 거둬 노출되면 피부염을 일으킨다고 지적되고 있다.

현재 미국의 전자산업계에서 사용하고 있는 CFC-113 총량의 30-55%가 Bioact EC-7로 대체되고 있는 것으로 추정되고 있다.

캐나다의 웨스트페네톤사는 Citri Kleen XPC라는 상품명으로 수용성 세정제를 개발하고 있다. 이 세정제는 프레온, 트리클로로에탄, 석유계 용제의 대체품으로 사용되고 있으며, 이미 미국 및 캐나다로 특허를 획득했다. 이 세정제는 원액 또는 물에 희석해 사용되며, 성분은 Bioact EC-7과 같이 터어핀계 탄화수소를

주성분으로 하고 있다. 이 세정제는 수용성이기 때문에 세정 후의 건조에 대한 검토가 필요하다. [표 1-12]에 천연물계 세정제를 정리하였다.

지금까지 언급한 대체 세정제외에도 [표 1-13]와 같은 여러가지 대체물질이 나와 있다.

국내에서는 자체개발한 대체물질이 거의 전무한 실정이므로 대부분의 업체들이 외국에서 개발한 대체물질의 세정성능평가 시험을 자체적으로 수행하여 검토하거나 국내판매업자들이 권유하는 정보에 의존하고 있다.

7. 전 망

오존층 파괴물질로 규정된 CFC나 1,1,1-TCE의 사용이 전 세계적으로 규제가 강화되었고 이런 특정물질을 대체할 수 있는 대체물질의 개발이 빨리 이루어

【표 1-12】 천연물계 세정제

상 품 명	화 학 성 분	제 조 회 사
Bioact EC-7	Terpene 계	Petroferm 일본 알파메탈즈
솔로 2110		일본 알파메탈즈
듀크로 시스템액		케미칼테크놀로지연구소
크린스루 DN-15	d-리모넨 비이온 계면활성제	화왕
Citri Kleen XFC	8Terpene 계	웨스트페네톤

【표 1-13】 기타 대체세정제

상 품 명	화 학 성 분	제 조 회 사
크린스루 B-13	특수용제/바이오 계면활성제	화왕
크린스루 750	비무기이온계 알칼리성계면활성제 용액	화왕
크린스루 710	비무기이온계 알칼리성계면활성제 용액	화왕
KCD - 9434	HCFC-123/141b/MeOH/안정제	듀폰
KCD - 9450	HCFC-123/141b/안정제	듀폰

[표 1-14] 콜로이드 세정제((주)한국 콜로이드 제조)

구분	제품명	용도	물성	비고
유 기 용 제	PE-501PF	프레온 용제대용, 전자기판, 정밀부품	비점 : 43℃, VLV : 1000ppm 비중 : 1.50	모든 금속과 플라스틱에 사용가능
	PE-301	금속, 비철금속, 강력탈지용	비점 : 52℃, VLV : 720ppm 비중 : 1.40 메틸클로로포름보다 세척력이 우수하며 증기 탈지시 전력소모 감소	모든 금속에 사용가능
	PE-301P	금속, 비철금속, 플라스틱, PCB 기판	비점 : 53℃, VLV : 720ppm 비중 : 1.40 메틸클로로포름보다 세척력이 우수하며 증기 탈지시 전력소모 감소	
	PE-301PS	금속, 비철금속, 플라스틱 고무, PCB 기판	비점 : 57.5℃, VLV : 720ppm 비중 : 1.40 개방된 세척기에 사용할 때에도 냄새가 적음	
	SS-301,302	용제, 신나 대용품	비점 : 62℃, VLV : 400ppm 비중 : 1.35 인화점 87℃의 난연성으로서 강한 인화성의 솔벤트와 신나대용의 저가 제품	

주 : TLV(Threshold Limit Value)

작업공간에서 8시간동안 머물 때 인체에 유해한 한계치

자료 : (주) 한국콜로이드 제품 카탈로그(1992)

[표 1-14]에 정리된 세정제는 (주)한국 콜로이드가 식물성 코코넛의 지방산을 원료로 사용하여 콜로이드 미립자로 개발한 대체물질로 미국 발명특허 4, 865, 773호(1989. 9. 12) 및 한국발명특허 29, 801호 (1989. 10. 16)를 취득하여 국내에서 생산 판매하고 있다.

다음 [표 1-15]와 [표 1-16]은 국내 업체의 대체물질 및 대체기술 사용동향을 설문서 조사 및 방문조사 결과를 토대로 대표적인 피세정물을 대상으로 정리한 것이다.

[표 1-15] 국내업체의 대체물질 사용동향

	제 품	사용중인 특정물질	대체가능한 특정물질	비 고
전자부품	PCB 조립	CFC-113 TMS	TCE 메틸알코올 수세정 ETHANA-VG TCE	과도기간만 사용 화재위험 부담 부품에 피해 예상 선재부분 내부용사 세척력 저하로 현장에서 사용기피
	Hybrid IC	CFC-113	EC-7 1,1,1-TCE(규제대상) AXAREL-38	샘플 시험 중
	IC 리드프레임	CFC-113	MC	테스트 중
	실리콘 웨이퍼	CFC-113	TMC TMS	기존장비로 가능 장비대체로 가능
	스위치 튜너 블룸	CFC-113 TCE	TCE MC 1,1,1-TCE(규제대상)	
	LCD	CFC-113 TCE	CFC-14b 순수세정	GENESOLV 2000
	수정진동자	CFC-113		
	VCR 헤드드럼	CFC-113	TCE, MC	테스트 중
전기부품	변압기 코어	CFC-113 1,1,1-TCE	MCE, TCE	시험 중
	Micro DC motor	CFC-113 TCE		CFC혼합계 검토중
정밀기계부품	베어링	1,1,1-TCE	콜로이드	국산 대체물질임
자동차부품	Head Lamp 용 반사경	CFC-113	톨루엔 수용성 용제	외국은 수용성 유기용제로 대체
	Radiator Condenser Compressor	CFC-113	수세정	
광학부품	카메라	CFC-113		선진국 추세 관망
	렌즈	CFC (후론졸브)	아세톤, IPA, 초순수	인화성이 강함, 고가, 기술적 미확인
기타부품	시계	1,1,1-TCE 다이프론		현재로서 대체 불가
	Accumulator (냉동, 공조용)	CFC-11	TCE	
	컴프레이셔 (냉장고용)	CFC-113 1,1,1-TCE	수알칼리 세정	
	전선	1,1,1-TCE		방청제, 도포 처리용

[표 1-16] 국내 업체의 대체기술 적용 동향

제 품		사용중인 기술	대체가능한 기술	비 고
전 자 부 품	PCB 조립	CFC 세정 (플렉스)	무세정 플렉스 사용 수세정 플렉스 사용	정밀통신기기용 PCB는 문제있음 공정단축, 코스트 저감 컴퓨터 Mother Board
	Hybrid IC	CFC 세정 (플렉스)	무세정 플렉스 ID WATER	특성 저하 검토 중
	실리콘 웨이퍼	CFC 세정	고효율 회수시스템 적용	회수율 90% 달성 기존장비대체 필요
	스위치 튜너 블룸	CFC 세정	회수폐액 필터링시스템 초음파 세정기 초음파 세정기	개발공급희망 (KIMM) 고가임
광학 부품	카메라 렌즈	IPA 세정	IPA 사용설비	국내 자체개발 공급요망
기 타		특정물질 사용량이 소량이거나 중소기업이므로 대체기술 개발 및 적용은 고려하지 않고 있음		

어려야 하지만 이것은 그렇게 쉽게 이루어지기 어렵다.

특히 세정분야에서는 일반적으로 특정물질을 대체물질로 적용하는데 문제점(제품 성능저하)이 많으므로 특정물질의 사용을 감축하기 위한 업계의 노력은 생산성 향상 및 생산비용 절약의 일환으로 활발히 전개되고 있고 현재 PCB 조립업체의 경우 수세정 및 무세정 기술의 적용은 상당한 수준에 도달해 있으며 기타 제품의 세정에서도 대체기술 및 회수 기술개발에 주력하고 있다.

국내 업계의 세정제 분야는 대부분이 전기·전자, 정밀기계, 업체이며 트리클로로에탄이 규제대상인 것을 알고 있으나 최근 2~3년 간의 과도기간 중에만 계속 사용하겠다는 성향이 강하며, TCE는 규제대상이 아니므로 사용을 적극 검토하고 있다. 그러나 TCE는 냄새가 강하므로 최근 사업장 근로자들의 3D 기피현상으로 노사간의 새로운 갈등요소로 대두될 소지가 있다.

이제 규제일정이 강화된 특정물질을 대체물질로 전환할 시간적인 여유는 이제는 없어졌으며 국가적

인 차원에서 대체세정제의 개발 및 보급이 절실히 요망되며 업계도 소극적인 자세에서 벗어나 적극적인 자세가 필요하다.

대체세정제의 국내 개발 추진과 아울러 외국에서 개발된 대체 세정제에 대하여서도 피세정물에 미치는 영향 평가 및 인화성, 인체 유해성 등의 안전성을 고려하여 작업 환경관리에 관심을 기울여야 할 것이다.

<끝>