

CFC 대체세정제의 물성 비교

노경호[†] · 이윤용
CFC 대체기술센터
한국과학기술연구원
(1993. 2. 3 접수)

Comparison of Physical Properties of CFC Alternative Cleaning Solvents

Kyung Ho ROW[†] and Youn Yong LEE

CFC Alternatives Technology Center

Korea Institute of Science and Technology, Seongbuk-ku, Seoul 136-791, Korea

(Received Feb. 3, 1993)

요약 : 오존층 파괴물질로 규명된 CFC 113의 대체 세정제를 수집하여 실험적인 방법으로 밀도, 표면장력, 굴절지수, 비점, pH, 점도, 인화점, 용해도를 측정하였다. 대체세정제는 크게 수계 세정제, 준수계 세정제, 알코올 및 케톤계 세정제, 할로젠 세정제로 나누어서 측정된 물성들을 비교하였다. 전자산업의 전자회로기판(PCB)에 사용되는 flux의 주성분인 abietic acid와 각 세정제의 용해실험은 HPLC를 사용하여 용해도를 구하였다. 각 분류별 세정제는 장단점을 갖추고 있으며 최종 사용자는 물성에 의한 세정제의 효율성과 세정방법 뿐만 아니라 안정성, 경제성을 종합적으로 고려해야 한다. 본 연구의 목적은 시판중인 CFC 113의 대체 세정제를 수집하여 물성을 측정하고 비교함으로써 사용자가 원하는 최적의 대체 세정제를 선정하는 데 기본적인 자료를 제공하는 것이다.

Abstract : A number of alternative cleaning solvents to CFC 113 which was identified as a ozone-depleting material were collected to measure their experimental physiscal properties of density, surface tension, Refractive Index, boiling point, pH, viscosity, flash point, and soltibility. They might be classified as aqueous, simi-ageous, alcohol ketone, and halogen cleaning solvents. The solubilities of abietic acid, a major component of flux used in PCB (Printed Circuit Board) of the electronic indystry, into the cleaning solvents including CFC 113 were determined for comparison. The assorted cleaning solvents have their own advantages and disadvantages. Therefore a end-user carefully needs to choose the best-fit cleaning solvent after the safety, stability, and economics as well as the effectiveness by physical properties of the alternative cleaning solvents are integrately considered.

Key Words : CFC 113, Alternative cleaning solvent, Physical property, Solubility

1. 서론

현재 국제사회에서의 환경문제는 지구차원의 문제로 확산되고 있다. 금세기의 급속한 산업화에 따라 부수적으로 발생하는 환경문제는 UN에서 최우선과제로 다루어지고 있다.¹ 지구온난화현상과 오존층 파괴가 가속화하면서 각종 국제회의가 개최되어 각 국가와 개인으로서 지구의 환경오염문제에 대해서 책임과 의무를 다하도록 촉구를 하고 있다. 이 중에서 비엔나협약과 몬트리올의정서에서는 오존층 보호를 위해서 CFC의 생산과 사용을 규제하고 있다.²⁻⁴ CFC 113은 전자산업에서의 PCB·정밀기기의 세정에 필수 불가결하게 사용되었으나 몬트리올의정서에 명시한 규제물질로서 1996년 이후에는 사용 전폐가 될 것으로 예상된다.¹

전자산업에서 CFC 113 세정제의 주용도는 PCB에 남아 있는 flux를 제거하는 것이다. 땀납용 flux는 땀납과 피땀납 물질 사이에 wetting을 크게 하여 땀납이 잘 되도록 하는 물질이다. 이러한 성질을 갖는 flux는 기능상 다음과 같이 세 가지로 나눌 수 있다.⁵

- (1) 화학적 기능 : 피땀납 물질의 표면에서 녹막을 제거하고 깨끗한 표면을 재산화가 되지 않도록 한다.
- (2) 열적 기능 : 열원으로부터 접합부까지 열이 잘 전달되도록 해준다.
- (3) 물리적 기능 : 땀납과 피땀납 물질이 잘 접촉하도록 반응생성물이 표면에서 제거되어야 한다.

이러한 기능들은 피땀납용 물질, 납땀, 경계면 사이의 표면장력에 영향을 미친다. 주로 사용되는 flux는 로진계통의 물질이고 주성분은 abietic acid로서 유기용매에 잘 녹는다. 이러한 용해도는 땀납 후에 특히 남아 있는 flux 잔사를 제거하는 데 특히 중요하다. Flux를 입힌 후에 용매는 증발하고 표면에 활성 물질을 남겨 두기 때문에 부식문제로 인한 제품의 신뢰도를 높이기 위해서 특히 첨단전자기기에서는 필수적으로 세정제를 사용하여 flux를 제거해야 한다.

CFC 113의 대체세정제로서 불소계 세정제 뿐만 아니라 수계, 준수계 등의 다양한 화학적 성질을 가진 세정제가 현재 개발중이거나 시판되고 있다.⁶⁻⁸ CFC 113의 사용규제와 가격인상을 실감한 최종 사용자는 대체 세정제를 심각하게 고려하고 있으나 많은 대체 세정제 중에서 최적 물질을 선택하기 위해서는 고려해

야 할 사항이 많이 있다. 그러나 가장 중요한 대체 세정제의 선정기준은 효율성과 경제성에 의해서 정해지고 이 중에서 효율성은 각 물질의 물성에 의존하고 있다.⁹ 10 세정제에서 물성은 세정제로서 갖추어야 할 기본적인 성질이고 피세정물에서 특정 오염물질을 제거하고 세정기의 설계에서 세정방법까지 결정하는 중요한 의미를 갖는다. 본 논문의 목적은 CFC 113의 대체 세정제를 수집하여 기본적인 물성과 용해도를 실험적으로 측정하고 각 분류별 세정제의 특성을 종합적으로 비교하여 현재까지 개발된 대체 세정제 중에서 선정하는데 도움이 되도록 하는 것이다.

2. 실험

2. 1. 시약

Abietic acid는 Sigma에서, 이동상으로 사용하는 acetonitrile, water와 IPA는 J. T. Baker에서 구입하였다. Table 1에 나타난 것은 실험에 사용한 세정제의 분류 및 제조회사 목록이다. 10, 11 일부 수계 세정제는 제조회사에서 추천한대로 물과 다음과 같은 비율로 섞어서 사용하였다. Bioseven RE, Bioseven AL, Bioseven HTC는 물과 1:10(부피비), DK CW 5720, DK CW5740, DK CW 5790은 물과 1:1(부피비), RBS 48 S와 물은 2:25의 비율로 섞어서 사용했고 기타 수계, 준수계, 알코올 및 케톤, 할로젠 세정제는 원액을 사용하였다.

2. 2. 실험방법

(1) 밀도 측정

Mettler AE 163(소수점 4자리까지 측정), 25ml 비중병을 깨끗이 씻고 건조 후 무게를 잰다. 측정하고자 하는 세정제를 25ml까지 붓고 마개를 막고 지정온도(20, 25°C)로 조절된 항온조(Haake)에 20분 동안 담가 놓는다. 비중병을 꺼낸 후 걸을 잘 닦아 무게를 측정하고 부피를 나누어서 밀도를 구하였다.

(2) 표면장력 측정

Surface Tensiometer Model CBVP-A3(KYOWA Interface Co., LTD.)의 기기를 사용하였다. 아세톤으로 깨끗이 닦은 접시에 세정제를 20ml를 넣는다. 백금판은 알코올 램프를 이용하여 달군 후에 표면장력을 측정하였다.

(3) RI 측정

BAUSCH & LOMB ABBE-3L Refractometer를

Table 1. List of cleaning solvents used in the experiment

Class	Cleaning Solvents (Manufacturer)
Aqueous System	water (J. T. Baker), 815 PCX (Burlin), ET 2000 (E.T.), KAO Cleanthru 750 H (화왕), Bioseven RE, AL, HTC (Veritas), DK CW 5720, 5740, 5790 (일본 제일공업), RBS 48 S (Chemical Products), Chem-Crest 200/222, (Ultrasonics)
Semi-Aqueous System	Acetonitrile, Actrel ED (Perchem), Axarel 32, Axarel 38 (DuPont), MG-DGB, MG-MKLN (Parker), Solfine TM (Showa Denko), EC7, EC7R, EC-Ultra (Petroferm), d-Limonene (Sigma), Glidsafe 135 (Glidco)
Alcohol	methanol (J. T. Baker), ethanol (Merck), IPA (J. T. Baker), N-butyl alcohol (ASP), Ionox MC (Kyzen)
Ketone	Acetone (J. T. Baker), 2-Butanone (KANTO)
Halogen Compound	CFC 113 (Daikin), Trichloroethylene (동양화학), 1, 1, 1 TCE (DOW), chloroform (J. T. Baker), methylene chloride (DOW), carbon tetrachloride (Mallinckrodt), perchloroethylene(관동전화), HCFC 225 ca/cd (Asahi Glass), Genesolv 2004 (Allied Signal), 1, 1, 2 Trichloroethane (JANSSEN CHIMICA)

사용하여 RI를 측정하였다. Haake를 사용하여 refractometer의 온도를 맞춘다. Sensor 부분을 acetone으로 잘 닦은 후에 측정하고자 하는 세정제를 1~2방울 올려 놓는다. 조절판으로 선을 세밀하게 맞추어서 RI값을 구했다.

(4) 비점 측정

아세톤으로 깨끗하게 세정한 Round-Bottom Flask (500ml)에 250ml 세정제와 boiling chip을 넣고 heating mantle에 올려 놓고 슬라이더스를 이용하여 온도를 조절한다. NIST-traceable ASTM glass thermometer를 세정제 표면 위의 1.5cm에 위치하고 용액이 비등한 상태의 온도를 비점으로 하였다.

(5) pH 측정

동원 메디칼시스템에서 제작한 DP-880M pH/ion meter를 사용하여 표준 완충용액으로 검정을 한 후에 세정제의 pH를 측정하였다.

(6) 점도 측정

Cannon-Fenske routine 점도계를 깨끗이 씻고 ace-

tone을 흘린 다음 불순물이 남아 있지 않도록 건조시킨다. 항온조 내부에 viscometer를 설치하고 세정제를 흘려서 일정한 지점을 지나는 시간을 측정하여 점도를 계산했다.

(7) 인화점 측정

Tag Closed Cup Flash Point Tester (ASTM D-56, Precision Scientific Inc.)를 사용하여 각 세정제의 인화점을 NIST-traceable ASTM glass thermometer를 사용하여 측정하였다.

(8) 용해도 측정

Model 510 HPLC Pump와 Model U6K Universal Liquid Chromatographic injector를 가진 Waters 회사의 HPLC를 사용하였고 검지는 254nm에서 Series 441 Absorbance Detector를 사용하였다. Data acquisition은 Interface Engineering에서 만든 Chromate Software (Ver. 2.1)를 Dell Computer에 설치하여 초당 2 points를 얻었다. 사용한 HPLC column은 10 μ m의 입자를 가진 μ -Bondapak C18으로 column의 크기

는 3.9mm × 300mm이고 guard column을 설치하여 불순물 column으로 직접 유입되지 못하도록 하였다. 또한 용질이 빨리 용출되도록 하기 위해서 column에 heater을 설치하여 60℃로 가열하였다. 이동상의 조성은 acetonitrile/water를 50:50(vol.%)으로 하였고 유량은 2.0ml/min로 하였다. 세정제 sample의 주입량은 1.0 μ l이다. Fig. 1에는 용질로서 abietic acid이고 알고 있는 양을 주입하였을 때 peak area로서 얻은 보정 곡선을 보여 주고 있으며, 정량분석을 하는데 이용하였다.

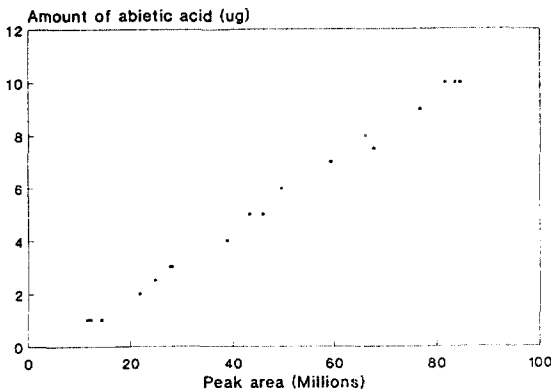


Fig. 1. Calibration curve of abietic acid

30ml의 세정제를 담은 100ml 비이커에 과량의 abietic acid를 넣는다. Aluminum foil로 마개를 잘 봉한 다음 1주일 정도 상온(20 ± 1℃)에 놓아 둔다. 녹지 않은 abietic acid가 있을 정도로 충분히 용해가 된 후에 주사기를 이용하여 용액만을 일정량을 채취하였다. IPA/water(75/25 wt.%) 용액으로 100배 희석하여 HPLC를 이용하여 분석하였다. Column은 수시로 methanol로서 세척하여 잔류한 불순물을 제거하였다. 상용 세정제는 복잡한 혼합물로 구성되어 있기 때문에 세정제만을 먼저 column에 주입하고 난 후에 세정제에 녹은 sample을 주입하여 두 chromatogram을 비교하여 정확한 abietic acid의 정성분석을 하였다. Sample은 3번씩 반복 분석을 한 결과를 평균하여 용해도(g abietic acid/g solvent)로서 표시하였다.

3. 결과 및 고찰

각기의 CFC 113의 대체 세정제에 대해서 실험적인 방법으로 밀도, 표면장력, 굴절지수, 비점, pH, 점도, 인화점, 용해도를 측정하였다. Table 2-1, 2-2에는 수계 세정제, Table 3-1, 3-2에는 각각 준수계 세정제 중에서 탄화수소와 terpene계 성분, Table 4에는 알코올 및 케톤계 세정제, Table 5-1, 5-2에는 할로겐 세정제의 측정된 물성을 표로 만들었다. 세정제로서 갖추어야 할 기본적인 성질은 효율성, 안전성, 경제성 중에서 세정제의 물성을 측정하는 것은 효율성에 관한 것이다.¹²

3. 1. 밀도

수계 세정제는 물을 주성분으로 하기 때문에 밀도가 1에 가깝고 준수계 세정제는 주로 지방족탄화수소의 비중인 0.8 부근이다. 준수계 세정제 중에서 EC7, EC7 R, EC-Ultra, d-limonene, Glidco 135는 terpene계 용매로서 주된 성분인 d-limonene의 밀도인 0.84 정도이다. 알코올과 케톤계 세정제는 1보다 작지만 이 중에서 Ionox MC는 IPA를 주성분으로 하는 알코올계 세정제이지만 알려지지 않은 첨가제를 포함하여 1보다 약간 크다.¹³ 할로겐 세정제는 가장 특이하게 1.3~1.6 사이의 밀도를 갖는다. 세정제에서 밀도가 크면 효율적으로 피세정물의 복잡한 내부로의 침투성이 좋고 오염물질의 밀도가 금속입자를 제외한 대부분이 밀도가 1보다 작기 때문에 중력분리기에 의해서 쉽게 분리할 수 있다.

3. 2. 표면장력과 점도

세정제는 오염원을 제거하기 위해서 세정 중에 모든 면에서 유체의 흐름과 접촉하도록 충분한 wetting characteristics를 갖고 있어야 한다. 일반적으로 wetting은 세정제의 점도와 표면장력에 밀접한 관련이 있다. 우수한 CFC 세정제의 대표적인 물성인 표면장력과 점도는 다른 세정제에 비해서 매우 낮기 때문에 전자제품 및 정밀기기의 미세한 부분까지도 세척이 가능하다. 특히 표면장력이 작으면 복잡한 형태를 가진 피세정물의 오염물질을 용이하게 제거할 수 있다. 25℃에서 CFC 113의 표면장력은 17.4 dyne/cm로서 기존 할로겐 세정제 중에서는 가장 낮은 물질이다. PCB에서 fluxing을 하여 납땀을 하고 난 후에 flux를 제거할 때 CFC 113이 압도적으로 많이 사용되는 이유는 PCB 위에 있는 복잡한 부품들을 낮은 표면장력에 의해서 구석까지 침투하여 오염물질을 제거할 수 있기 때문이다.

Table 2-1. Experimental physical properties of aqueous cleaning solvents

System	AQUEOUS (1)			
	Water	815 PCX	ET 2000	KAO Cleanthru 750 H
Cleaning solvents				
Density (g/cm ³ , 20/25℃)	1.0011 / 0.9974	1.0025 / 1.0025	1.0010 / 1.0075	0.9388 / 0.9430
Surface tension(dyne/cm, 25℃)	71.8	28.4	31.4	25.1
RI (20/25℃)	1.3323 / 1.3321	1.3380 / 1.3381	1.3340 / 1.3340	1.4325 / 1.4310
Boiling point (℃)	99.5	99.6	99.8	103.5
pH (temp.℃)	6.84	10.91	12.99	9.33
Viscosity (cP, 20/25℃)	1.0200 / 1.4723	1.3943 / 1.1212	1.0595 / 1.0352	9.0681 / 7.5926
Flash point (℃, TCC)	—	67	—	—

Table 2-2. Experimental physical properties of aqueous cleaning solvents

System	AQUEOUS (2)				
	Bioseven HTC	DK CW 5720	DK CW 5790	RBS 48 S	Chem-Crest 200/222
Cleaning solvents					
Density (g/cm ³ , 20/25℃)	1.0095 / 1.0056	1.0080 / 1.0046	0.9861 / 0.9920	1.0029 / 1.0079	1.0082 / 1.0026
Surface tension(dyne/cm, 25℃)	29.9	33.1	27.8	36.3	29.6
RI (20/25℃)	1.3355 / 1.3350	1.3484 / 1.3480	1.3824 / 1.3813	1.3345 / 1.3340	1.3360 / 1.3366
Boiling point (℃)	100.2	99.6	100.0	100.0	99.9
pH (temp.℃)	13.56	10.68	8.66	12.61	12.20
Viscosity (cP, 20/25℃)	1.1304 / 1.0507	1.7331 / 1.3788	5.5094 / 4.7696	1.1466 / 1.0423	1.1517 / 1.0430
Flash point (℃, TCC)	—	—	—	—	—

순수한 물의 25℃에서 표면장력은 71.8 dyne/cm이지만 다른 수계 세정제의 표면장력은 이보다 훨씬 작은 25~37 dyne/cm이다. 수계 세정제의 필수 구성성분인

제면활성제나 wetting agents를 첨가한다. 이들 물질은 유기화합물로서 알칼리 세정제에 세척력, emulsification, wetting 효과를 준다. 이밖의 다른 대체 세정제

Table 3-1. Experimental physical properties of semi-aqueous cleaning solvents

System	SEMI-AQUEOUS (HYDROCARBON)				
	Actrel ED	Axarel 32	Axarel 38	MG-DGB	Solfine TM
Cleaning solvents					
Density (g/cm ³ , 20/25℃)	0.7889 / 0.7832	0.8389 / 0.9920	0.8440 / 0.8470	0.9897 / 0.9877	0.8710 / 0.8660
Surface tension(dyne/cm, 25℃)	24.6	26.1	26.1	25.5	28.5
RI (20/25 ℃)	1.4338 / 1.4319	1.4436 / 1.4425	1.4389 / 1.4371	1.4566 / 1.4545	1.4995 / 1.4971
Boiling point (℃)	192.5	218.0	182.7	138.5	174.5
pH (temp. ℃)	12.82	7.08	6.63	12.20	8.18
Viscosity (cP, 20/25℃)	2.1414 / 1.8598	3.4378 / 3.0487	2.3671 / 2.3019	1.3898 / 1.2134	0.8745 / 0.8411
Flash point (℃, TCC)	76	99	71	—	46

Table 3-2. Experimental physical properties of semi-aqueous cleaning solvents

System	SEMI-AQUEOUS (TERPENE)				
	EC 7	EC 7R	EC-Ultra	D-Limonene	Glidsafe 135
Cleaning solvents					
Density (g/cm ³ , 20/25℃)	0.8629 / 0.8576	0.8609 / 0.8566	0.8496 / 0.8551	0.8377 / 0.8398	0.8572 / 0.8511
Surface tension(dyne/cm, 25℃)	26.9	27.4	27.1	26.7	27.6
RI (20/25 ℃)	1.4700 / 1.4665	1.4685 / 1.4666	1.4337 / 1.4316	1.4713 / 1.4700	1.4771 / 1.4751
Boiling point (℃)	164.1	171.5	>260.0	164.5	175.0
pH (temp. ℃)	7.59	10.42	4.34	6.31	7.40
Viscosity (cP, 20/25℃)	1.7506 / 1.4938	1.5077 / 1.3434	5.4095 / 5.1008	0.9506 / 0.9175	1.2625 / 1.1582
Flash point (℃, TCC)	47	47	141	50	—

의 표면장력은 20~30 dyne/cm 정도이다. 또한 낮은 표면장력과 점도는 세정제의 재순환을 용이하게 한다. 표면장력 이외에 접촉각으로서 wettability를 비교할

수 있다. 접촉각은 계면에 있어서 용액의 부착젖음 정도를 측정하는 척도로서 피세정물의 표면에서의 청결도를 알 수 있다.¹⁴

Table 4. Experimental physical properties of alcohols and Ketones as the cleaning solvents

System	ALCOHOL					KETONE	
	Methanol	Ethanol	IPA	N-butyl alc.	Ionox MC	2-Butanone	Acetone
Cleaning solvents							
Density (g/cm ³ , 20/25℃)	0.7852/0.7909	0.7839/0.7823	0.7847/0.7799	0.8125/0.8083	1.0503/1.0493	0.8059/0.8021	0.7835/0.7856
Surface tension (dyne/cm, 25℃)	22.0	21.4	20.4	22.7	18.3	23.3	22.5
RI (20/25℃)	1.3286/1.3267	1.3605/1.3590	1.3764/1.3742	1.3978/1.3964	1.3990/1.3980	1.3773/1.3751	1.3445/1.3414
Boiling point (℃)	64.4	78.2	82.15	114.6	102.2	78.5	59.1
pH (temp, ℃)	8.56	10.54	10.97	7.69	9.53	7.73	11.53
Viscosity (cP, 20/25℃)	0.6721/0.6413	1.2638/1.1812	2.3946/2.1950	3.1109/2.6845	3.4271/4.4666	0.4821/0.4443	0.4004/0.3819
Flash point (℃, TCC)	< 25	< 25	< 25	37	-	< 25	< 25

Table 5-1. Experimental physical properties of halogen cleaning solvents

System	HALOGEN(1)				
	CFC 113	Trichloro-ethylene	1, 1, 1-TCE	Chloroform	Methylene Chloride
Cleaning solvents					
Density (g/cm ³ , 20/25℃)	1.5816 /1.5618	1.4586 /1.4606	1.3175 /1.3116	1.4771 /1.4723	1.3244 /1.3239
Surface tension(dyne/cm, 25℃)	17.4	28.5	24.8	26.1	27.5
RI (20/25℃)	1.3577 /1.3580	1.4766 /1.4741	1.4360 /1.4337	1.4437 /1.4414	1.4230 /1.4204
Boiling point (℃)	48.1	86.5	74.1	61.8	40.8
pH (temp. ℃)	9.04	9.25	9.00	9.63	10.97
Viscosity (cP, 20/25℃)	0.8258 /0.7572	0.6743 /0.6505	0.9716 /0.8736	0.6693 /0.6511	0.5419 /0.5251
Flash point (℃, TCC)	-	-	-	-	-

Table 5-2. Experimental physical properties of halogen cleaning solvents

System	HALOGEN(2)				
	Carbon Tetrachloride	Perchloro-ethylene	HCFC 225 ca/cb	Genesolv 2004	1, 1, 2 Trichloroethane
Cleaning slovents					
Density (g/cm ³ , 20/25℃)	1.5864 / 1.5818	1.6198 / 1.6108	1.5305 / 1.5199	1.2129 / 1.2068	1.4326 / 1.4225
Surface tension(dyne/cm, 25℃)	26.1	30.8	16.2	18.9	31.5
RI (20/25 ℃)	1.4595 / 1.4567	1.5050 / 1.5024	1.3274 / 1.3250	1.3661 / 1.3640	1.4684 / 1.4656
Boiling point (℃)	78.1	120.5	56.6	29.6	111.3
pH (temp. ℃)	8.15	8.03	9.33	8.85	5.28
Viscosity (cP, 20/25℃)	1.0722 / 1.0048	0.9954 / 0.9611	0.7340 / 0.7048	0.5207 / 0.4916	1.3465 / 1.1827
Flash point (℃, TCC)	—	—	—	—	—

3. 3. 비점

수계 세정제는 물의 비점과 비슷한 100℃ 부근이고 준수계 세정제는 지방족 탄화수소와 terpene계 성분은 비점이 매우 높은 대부분이 160℃ 이상인 고비점 물질이다. 따라서 이러한 세정제는 증기상태로서 세정을 하기에는 많은 에너지가 소모되기 때문에 액상으로 사용된다. 그러나 알코올, 케톤은 비점이 60~80℃ 정도이고 할로겐 세정제 중에서 CFC 113은 48.1℃, HCFC 141b가 주종인 Genesolv 2004는 29.6℃로 매우 낮기 때문에 많은 에너지를 사용하지 않고서도 증기상태로 세정을 할 수 있다. 또한 할로겐 세정제는 증기압이 높고 증발잠열이 작아서 세정 후에 건조속도가 빠르고 회수시에 에너지 사용량이 작아서 유리하고 증류재생산성이 좋다.¹⁵

3. 4. pH와 굴절지수

수계 세정공정에서 나온 폐수는 알칼리성으로 사용된 세정제의 종류와 농도에 따라 pH가 7에서 12이다. 알칼리염은 수계 세정제에서 가장 크게 차지하는 부분(builder)이고 알칼리 금속 orthophosphate, 알칼리 금속 hydroxide, silicate, carbonate 등의 혼합물로서 수세정제를 만들게 되기 때문에 pH는 알칼리성이다.⁶

일반적으로 pH는 세정효율과는 무관하지만 수계 및 준수계의 세정제를 사용하고 난 후에 생기는 폐수의 처리와 관련하여 수계 세정제에서는 폐수 중의 pH는 황산이나 염산을 첨가하여 조절하고 준수계 공정에서 중화는 통상적으로 필요하지 않다. 한편, 굴절지수는 물질 고유의 물성으로 미지의 세정제를 간편하게 확인하는 데 사용할 수 있다.

3. 5. 인화점

인화점(Tag-closed cup flash point, TCC)은 상온에서 400℃까지의 온도 범위에서 밀폐된 작은 공간에서 불꽃을 점화하여 발화하기 시작하는 온도를 측정하였다. 세정제는 세정효율 뿐만 아니라 세정작업하기에 안전해야 한다. CFC 세정제는 독성이 적어 작업환경에 쉽게 사용할 수 있고 불연성으로 안정성이 높다. 수계 세정제 중에서 815 PCX는 주성분인 ethanalamine의 인화점이 93℃이기 때문에 67℃의 인화점을 가진 것을 제외하고는 인화점을 가지고 있지 않으나 석유분류물 또는 terpene계 성분으로 된 준수계 세정제와 알코올 및 케톤계 세정제는 상온에서 80℃ 이하의 낮은 인화점을 가지고 있다. 따라서 세정기 설계시에 특수한 화재 및 불꽃 진압용 설비를 갖추어야 한다. 그러

나 할로겐 세정제는 모두 불연성이다. 상업적인 CFC 세정제는 공비점 혼합물로 구성되는 경우가 많은데, 주로 할로겐 용매와 알코올을 섞어서 우수한 알코올의 용해력과 불연성의 할로겐의 장점을 갖도록 제조되었다.

3. 6. 용해도

기준이 되는 CFC 113과 준수계 대체 세정제로서 좋은 용해도를 가진 Solfine TM에 녹아 있는 abietic acid의 peak를 Fig. 2에 나타내었다. 분류별 세정제의 용해도를 Fig.3~5에 나타나 있다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 abietic acid는 물에는 불용이나 기타 수계 세정제에는 어느 정도의 용해도를 가지고 있으며 특히 Cle-

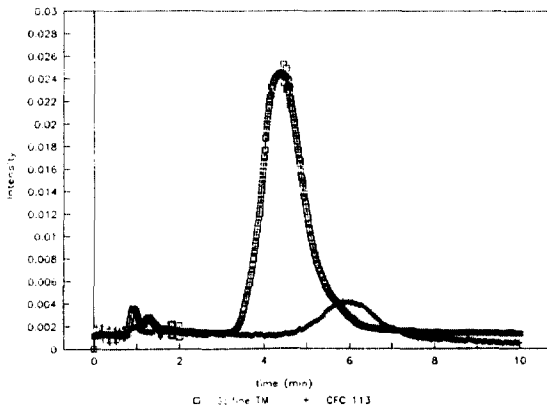


Fig. 2. Peaks of CFC 113 and Solfine TM using HPLC

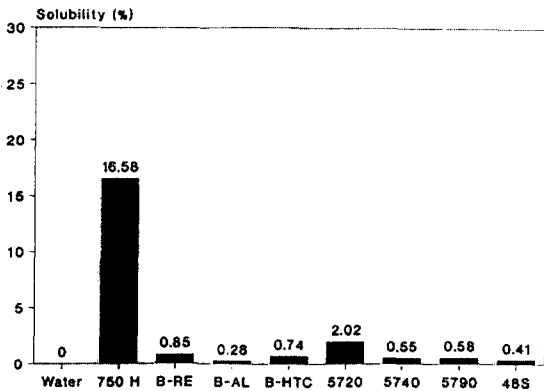


Fig. 3. Solubility of abietic acid in aqueous cleaning solvents

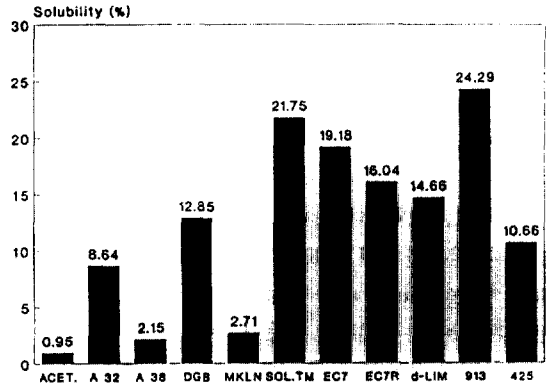


Fig. 4. Solubility of abietic acid in semi-aqueous cleaning solvents

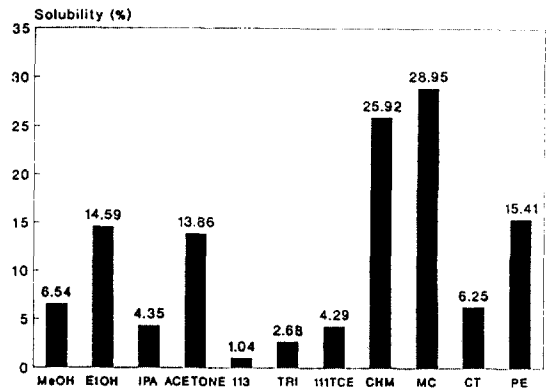


Fig. 5. Solubility of abietic acid in alcohols, ketones, and halogen cleaning solvents

anthru 750H는 약 16% 정도의 높은 용해력을 보여 주고 있다. 실제로 전자산업에서의 PCB에서 사용되는 로진 flux를 제거하기 위하여 강력한 검화제(saponifier)를 첨가하여 수세정으로 세정하는 방법을 사용하기도 한다.^{1,16} 준수계 세정제의 용해도는 평균적으로 매우 높다(Fig. 4 참조).

준수계 세정제는 크게 탄화수소 세정제와 terpene계 세정제로 나뉘는데, 전자가 석유 분류물인데 비해 후자는 귤, 오렌지 등의 과일에서 추출한 물질이다. 이전에 언급한 바와 같이 terpene계는 낮은 인화점이 단점이지만 로진 flux에 대해서 용해력이 매우 좋다. Fig. 5에

서 보는 바와 같이 알코올과 케톤계 세정제도 5% 이상의 비교적 높은 용해도를 가지고 있으며, 할로젠 세정제 중에서는 chloroform과 methylene chloride는 abietic acid에 대해서 최고 수준의 강력한 용해도를 보여주고 있다. 몬트리올의정서에 의해서 규제되는 CFC 113과 1, 1, 1 TCE의 용해도는 비교적 낮은 1~4% 정도이다. 전자산업의 대표적인 세정제인 CFC 113의 이렇게 낮은 abietic acid의 용해도에 불구하고 널리 사용되는 이유는 PCB에 많은 flux가 사용되지 않아서 CFC 113의 용해도로 충분하고 CFC 113의 다른 세정제와는 다른 특이한 선택적인 용해능력과 재질호환성이다.⁴ 일반적으로 plastic, elastomer 등의 고분자 물질이나 금속에는 침투하지 않고 flux, 기름, grease 등의 오염물질만을 선별적으로 용해하여 제거한다. 즉 저분자량의 물질이나 무극성의 유기화합물은 잘 용해하지만 고분자물질이나 극성이 높은 물질은 거의 용해하지 않는다. 따라서 부식성이 없고 재질호환성이 우수하여 전자기기의 구성원인 부품을 손상시키지 않는다. 그러나 오염물질은 극성과 비극성의 물질이 같이 존재하기 때문에 세정제는 극성과 비극성 성분을 같이 포함해야 한다. 비극성 성분은 rosin, 기름, 지문 등과 같은 비이온성 유기 오염원을 효과적으로 제거하는 데 필요하고 flux activator, 잔사염, 취급시의 염성분의 이온성 오염원을 녹이기 위해서는 극성 성분이 있어야 한다. 극성과 비극성의 양면 성질을 갖기 위해 용매 혼합물과 공비혼합물이 유망하게 사용되고 있다. 비극성 용매는 대개 염소계 또는 불소계 물질이 사용되며 극성 용매는 대표적으로 메틸, 에틸, 이소프로필 알코올이 사용된다. 용해도 이외에 용해능력을 표시하는 데는 Kauri-Btanol값(KB value)과 solubility parameter (SP)가 사용되기도 한다.^{4,15} KB값은 lacquer, paint 공업에서 희석제의 용해력을 표시하는 데 사용하는 값으로서 25°C에서 표준 Kauri Gum Butanol 용액 20g 으로부터 Kauri Gum을 석출시키는 데 필요한 희석제의 ml의 수로서 이 값이 높을수록 용해능력이 크다고 말할 수 있다. SP값은 용제의 내부압의 크기를 표시한 것으로서 용매 1ml를 증발시키는 데 필요한 에너지의 양이고 특정 온도에 있어서 증발잠열과 밀도로부터 계산할 수도 있다. 두 물질의 상호 용해도를 추정하는 경우에는 두 물질의 SP값의 차이가 적을수록 서로 잘 용해됨을 의미한다. CFC 113은 무극성의 액체이기 때문

에 동종의 유기화합물은 잘 용해시키지만 극성이 높은 용액에는 잘 용해되지 않는다. 또한 CFC 113은 물에는 거의 녹지 않는다. 온도가 높을수록 용해도가 증가하지만 그 값은 상당히 작은 값으로 30°C에서 0.012%에 불과하여¹⁷ 물에 대한 매우 낮은 용해성으로 인해서 세정할 때나 용액저장에 유리하다.

4. 결론

CFC 113이 환경문제로 인해서 사용이 규제되면서 많은 대체 세정제가 개발중이거나 현재 시판중이다. 최종 사용자가 어느 세정제를 선택하는가는 세정제로서의 효율성과 경제성에 의해서 좌우된다. 대체 세정제를 검사하는 방법은 현장에서 직접 하는 것이 바람직하나 많은 대체 세정제를 하나하나 검사하기에는 시간적으로 뿐만 아니라 경제적으로도 어렵다. 따라서 간편하게 물성을 측정하여 비교해 보면 세정제의 효율성에 대해서 예측이 가능하게 된다. 상용화된 대체 세정제를 수계, 준수계, 알코올 및 케톤, 할로젠 화합물 등 분류별로 여러 세정제의 물성을 측정하였으나 물성만으로 대체 세정제의 선정은 한계가 있을 수 있다. 미국의 IPC, 영국의 NPL, 스웨덴의 IVF에서는 물성 이외의 세정제 검사방법으로 전기적인 물성과 실제 PCB에서의 제거효율, 재질호환성에 대해서 집중적인 연구를 하고 있다.¹⁸ 분류별 세정제는 각기 고유의 장단점을 내포하고 있으며 물성 이외에도 경제성, 작업장 허용농도 등의 안전성, 안정성과 기존 세정기의 개조 또는 교체 여부 등을 종합적으로 고려해서 결정해야 한다.

참고문헌

1. Anderson, S. O. (Chairman) : "1991 UNEP Solvents, Coatings, and Adhesives Technical Options Report". December(1991).
2. "국제환경협약의 진전과 기업의 대응방향", 대한상공회의소, 1992년 6월.
3. "오존층보호관련법령집", 한국정밀화학공업진흥회, 1992년 5월.
4. "CFC 대체기술개발을 위한 사전조사연구", 한국과학기술연구원 보고서 UCQ24-4344-6, 1991년 11월.
5. Klein, R. J. : "Soldering in Electronics", Electrochemical Publications Ltd.(1984).
6. Greene, S. (Chairman) : "Aqueous and Semi-Aqu-

- eous Alternatives for CFC 113 and Methyl chloroform Cleaning of Printed Circuit Board Assemblies", Report of EPA and ICOLP Technical Committee, June(1991).
7. Groshart, W. (Chairman) : "Alternatives for CFC 113 and Methyl Chloroform in Metal Cleaning", Report of EPA and ICOLP Technical Committee. June (1991).
 8. Baxter, B. (Chirman) : "Eliminating CFC 113 and Methyl Chloroform in Precesion Cleaning Operations", Report of EPA and ICOLP Technical Committee, June(1991).
 9. Kenyon, W. and Felty, J. : "Post Solder Solvent Cleaning Handbook", ANSI/IPC-SC-60, April (1987).
 10. 노경호, 최대기, 이운용 : "CFC 대체 세정제의 특성", 화학공업과 기술, **10**(5), 328(1992).
 11. 노경호, 이운용 : "CFC 113의 대체세정제", 분석과학, **5**(3), 166A-190A(1992).
 12. Kenyon, W. and Wargotz, B. : "Guidelines for Cleaning of Printed Boards and Assemblies", ANSI/IPC-CH-65, December(1990).
 13. Private communication to Bixenman, M. in Kyzen Coporation, 413 Harding Industrial Dr., Nashville, TN 37211.
 14. Adamson, A. W. : "Physical Chemistry of Surfaces", 4th Ed., John Wiley & Sons(1982).
 15. Daikin Industry : "Daiflon Solvent", Technical Information.
 16. 노경호 : "CFC 113의 사용규제에 대비한 전자산업의 대응방안", 전자부품, 1992년 10월, pp. 70-85.
 17. E. I. DuPont De Nemours & Co. (Inc.) : "FREON Product Technical Informatioon B-43".
 18. 노경호 : "세정제의 특성검사방법 (I), (II)", 전자진흥, 1992년 10월, pp. 31-36, 11월, pp. 22-28.