

대체세정제 및 세정기술현황

노 경 호

인하대학교 화학공학과

- 오존층 보호관련 협약
- 국내의 파급효과
- 규제 세정제 (CFC 113, 1,1,1 TCE)의 용도
- 세정제의 특성
- 대체세정제의 분류및 특성
- 세정기술
- 환경평가
- 세정제의 성능평가

오존층 보호관련 협약

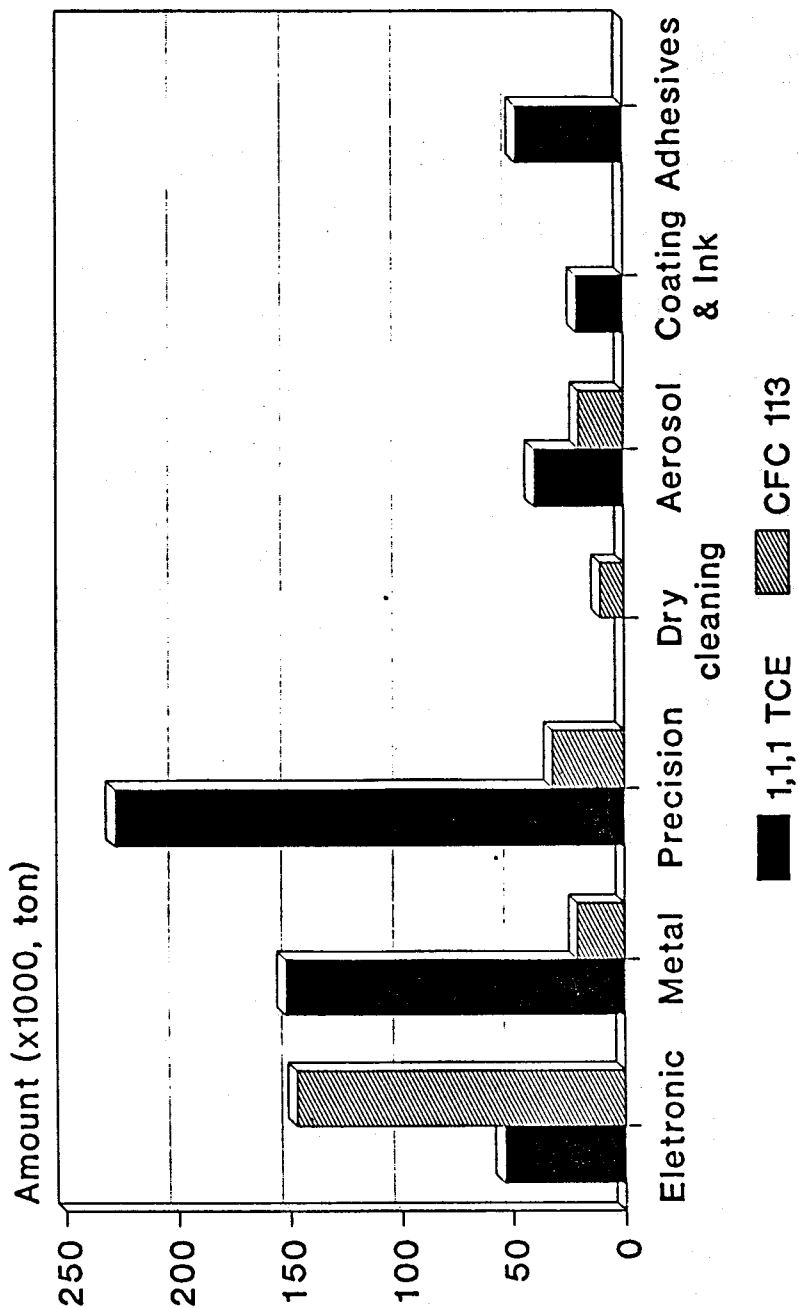
비엔나 협약

- UNEP : 오존층 보호조약의 채택을 합의 (1981년 5월)
- 오존층보호를 위한 비엔나 조약 (1985년 3월)
- 1988년 9월 발효
- 주요내용
 - 오존층에 나쁜 영향을 미치는 활동을 규제해 인류건강과 환경을 보호하기 위해 적절한 법적, 행정적 조치를 취함
 - 오존층의 보호에 관한 조사연구(오존층 파괴과정의 규명, 오존층파괴의 영향, 대체물질 연구, 사회경제적 순환) 오존층의 조직적 관측 추진
 - 오존층보호에 관한 국제적인 협동 및 정보교환

몬트리올 의정서

- UNEP 산하에 위원회 설치 :
 - 제 1차 회의 (1986년 12월, 제네바)
 - 제2,3차 회의(1987년 2월, 비엔나, 4월 제네바)
- 제4회 회의(몬트리올) 외교관회의에서 최종적으로 "오존층을 파괴하는 물질에 관한 몬트리올의정서" 채택
- 지구의 환경을 보호하기 위해 전세계적으로 특정물질의 생산과 사용을 강제적으로 규제하는 최초의 협약

Worldwide Uses of CFC 113 and 1,1,1 TCE (1989)



Tot. amount (ton) :
 CFC 113 = 251,500, 1,1,1 TCE = 522,500

규제물질 및 일정

물질명	기준 년도	원의정서	1차개정	2차개정	제7차 당사국총회
CFC (CFC-11, 12, 13, 114, 115)	'86	'89. 7. 부터 동결 '95. 1. 부터 50%삭감 '97. 1. 부터 85%삭감 2000. 1.부터 100%삭감	없 음	'94. 1.부터 75%삭감 '96. 1.부터 100%삭감	· 수해개도국 2010년으로 CFC 5종, Halon 3종 전폐일정 통일
Halon (Halon-1301 1211, 2402)	'86	'92. 1.부터 동결 '95. 1.부터 50%삭감 2000. 1.부터 100%삭감	없 음	'94. 1.부터 100%삭감	· 선진국 '96년(CFC) '94년(할론) 전폐
CFC (CFC-111 등 10종)	'89	없 음	'93. 1.부터 20%삭감 '97. 1.부터 85%삭감 2000. 1.부터 100%삭감	'94. 1.부터 75%삭감 '96. 1.부터 100%삭감	
사염화탄소	'89	없 음	'95. 1.부터 85%삭감 2000. 1.부터 100%삭감	'95. 1.부터 85%삭감 '96. 1.부터 100%삭감	
메틸클로 로포름	'89	없 음	'93. 1.부터 동결 '95. 1.부터 30%삭감 2000. 1.부터 100%삭감	'94. 1.부터 50%삭감 '96. 1.부터 100%삭감	
HCFC (HCFC-21 등 40종)	'89	없 음	과도물질로 자율규제	'96. 1.부터 동결 2004. 1.부터 35%삭감 2010. 1.부터 65%삭감 2015. 1.부터 90%삭감 2030. 1.부터 100%삭감	· 선진국 2020년 전폐 · 개도국 2040년 전폐
HBFC (CH ₂ Br ₂ 등 34종)	'89	없 음	없 음	'96. 1.부터 100%삭감	
Methyl Bromide (CH ₃ Br)	'91	없 음	없 음	'95. 1.부터 동결 (검역용도는 제외)	· 선진국 2010년 전폐
몬트리올 의정서	가입국	150개국	103개국	48개국	
	채택일	'87. 9. 16.	'90. 6. 29.	'92. 11. 25.	
	발효일	'89. 1. 1.	'92. 8. 10.	'94. 6. 14.	
우리나라 가입현황	가입일	'92. 2. 27.	'92. 12. 10.	'94. 12. 2.	
	발효일	'92. 5. 27.	'93. 3. 10	'96. 3. 2.	

규제 세정제 (CFC 113, 1,1,1 TCE)의 용도

세정 및 세정후 건조		
전 자 부 품	<ul style="list-style-type: none"> * 프린트 기관 * Hook재 관련 * 액정 표시기 * 자기기록부품 * 반도체재료 	<ul style="list-style-type: none"> * 전산기 및 주변기기, OA기기, 통신기기 가전기기, 기타전자용품기기 * IC 리드프레임, 저항기, 콘덴사, 릴레이등 접점부품 * OA기기, 시계, 전산기기, 완구, 가전기기 * 영상, 음성등 기록/재생부품 및 관련부품 * 실리콘, 세라믹
전 기 부 품	<ul style="list-style-type: none"> * 전동기부품 * 발전용 부품 * 화폐감정부품 	<ul style="list-style-type: none"> * Brush, 로-타, housing, * 각종 기계판매기 * 각종기계판매기, Cash Dispenser
정밀기계부품	<ul style="list-style-type: none"> * 베어링 	<ul style="list-style-type: none"> * 정밀구동기구기기, VTR
수지가공부품	<ul style="list-style-type: none"> * 정밀수지가공용 	<ul style="list-style-type: none"> * 카메라, 자동차용부품 (금속피막형성, 도강전의 공정 세정)
건 조		
광 학 부 품	<ul style="list-style-type: none"> * 렌즈 	<ul style="list-style-type: none"> * 카메라, 안경, 광학기기
전 자 부 품	<ul style="list-style-type: none"> * 반도체재료 * 전신축용 수정 * 전기기록부품 * 광전변환부품 	<ul style="list-style-type: none"> * 실리콘, 세라믹 * 수정진동자 * 영상, 음성등 기록/재생 Head, 전산기용HD * CD, PD, 복사기기, 광기록기기
정밀기계부품	<ul style="list-style-type: none"> * 가공용부품 	<ul style="list-style-type: none"> * 초경 Chip
기 타 부 품	<ul style="list-style-type: none"> * 안경부품 * 시계부품 	<ul style="list-style-type: none"> * 안경테 * 시계케이스, 시계판

세정제의 특성

- 효율성
 - o Wetting chracterisrics
 - o 용매 능력
 - o 다성분
 - o 분해성
 - o 잔류성분
- 안정성
- 안전성
- 경제성

CFC 세정제의 특성

- (1) 독성이 적어 작업환경에 쉽게 사용할수 있고 불연성으로 안정성이 높다.
- (2) 열적, 화학적 안정성이 우수하여 inhibitor가 불필요하다.
- (3) 유지 및 지방에 대한 용해력이 뛰어나고 탄화수소, 염화소, 알코올, 케톤, 에스테르와 혼합이 잘되서 혼합물로서 선택적인 용해력을 증가시킬수 있다.
- (4) CFC 세정제의 물성중 표면장력과 점도는 낮고 밀도가 커서 전자제품및 정밀기기의 미세한 부분까지도 세척이 가능하다.
- (5) 증기압이 높고 증발잠열이 작아서 세정후에 건조속도가 빠르고 회수시 에너지 사용량이 작고 증류 재생산성이 좋다.
- (6) 피세정물질의 재질이 금속뿐만아니라 플라스틱까지 호환성이 있으며 부식성이 없다.
- (7) 물에대한 용해성이 매우 적어 용액저장이 용이하다.

수세 세정제

장점

- (1) 수세정은 다른 세정제와 비교하여서 작업자 안전에 거의 문제가 없다. 비가연성이며 비폭발성이다.
- (2) 장치설계, 수세 세정제의 제조 및 농도에 선택성이 다양하다. 이러한 다양한 선택성으로인해서 피세정물의 오염물의 범위가 확대될수있다.
- (3) 무기물질이나 극성물질에 특히 유용하다. 많은 기계가공업체에서 환경등의 문제때문에 유성보다는 수성 윤활유나 냉각제를 이용하고있다.
- (4) 유기막, 유분이나 왁스가 수세방법으로 효과있게 제거할수있다.
- (5) 수세정은 그자체의 용해력보다는 첨가제의 의해서 효율이 증가한다. 이는 saponification, displacement, emulsification, dispersion 등이다. 입자들은 에너지를 적용하여 표면활동도에 의해서 제거효율이 좋다.
- (6) 초음파세정은 CFC 113, 1,1,1 TCE보다 수세가 더효율적이다.
- (7) 일반적으로 수세정제의 가격은 비수계보다 저렴하다.

단점

- (1) 미세한 구멍이나 작은 틈새에 들어있는 오염물질들은 제거하기 힘들다.
- (2) 수세정공정은 주의깊게 설계를 해야한다.
- (3) 일부 수세세정제의 잔사나 계면활성제는 행구기 힘들뿐아니라 잔사로인해서 피세정물의 응용범위가 작아질수있다. 진공증착, 액화산소의 접촉등 특수하게 취급해야할 경우도있다. DI water나 알코올로 헹글수있다.
- (4) 틈새나 미세한 구멍을 가진 부품을 건조하기가 힘들기때문에 별도의 건조장치가 필요하다.
- (5) 수세정기의 소요면적이 타세정기보다 크다.
- (6) 금속에 부식의 위험이 있다.
- (7) 경우에따라 고순도의 물이 필요하다. 순도와 양에따라 경비가 클수있다.
- (8) 에너지 소모량이 타세정제에 비해서 가열된 행금단계와 건조단계를 거쳐야하기때문에 많을수있다.
- (9) 수세정에서 배출하기전에 폐수처리를 해야하는 경우도 있다.

수세정제의 종류

815 PCX, ET 2000, KAO Cleanthru 710 M, 750 H, Bioseven RE, AL, HTC, DK CW 5720, DK CW 5740, DK CW 5790, RBS 48 S, Chem-Crest 200/222, Chem-Crest 222, Chem-Crest 250, high quality water

수계 세정 장치

	초음파발생기와 담그는 경우	기계적교반과 담그는 경우	분무세척
장 점	<ul style="list-style-type: none"> - 최고수준의 세정 (복잡한부분의세정에 적합) - 자동화가능 - tray위에 부품을 놓고사용 - 낮은 유지비 	<ul style="list-style-type: none"> - tray위에 부품을 놓고사용 - chip도 세척가능 - 간단한 작동 - 복잡한 부분의 세정가능 - 약간의 장치변환으로 기존 탈지기를 사용가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 높은수준의 세정 - 경제적 - chip도 세척가능 - 간단한 작동 - 대용량 - 설치간편 - 짧은 작업시간
단 점	<ul style="list-style-type: none"> - 값이 비싸다 - 경우에따라 행균조가 필요 - 부품용기의 새로운 형태 - 긴 작업시간 - 비중이 큰기름성분은 처리불가 - 부품이나 세정기의 크기제한 - 별도의 건조가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 경우에따라 행균조가 필요 - 자동화하기가 쉽지않다 - 용액중에서 부품의 방향 변환을 해야한다 - 별도의 건조기가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 경우에따라 막잔사물 제거하기위해서 행균조 필요 - 복잡한부품에는사용불가 - 별도의건조기필요

준수계 세정제

장점

- (1) 그리스, 타르, 왁스 및 제거하기 힘든 오염물질에 탁월한 세정력이 있다.
- (2) 대부분의 금속과 플라스틱에 호환성이 있다.
- (3) 특히 유화된 형태로 사용되면 증기압이 낮다.
- (4) 비알칼리성 공정이기 때문에 금속의 부식물이 적고 폐수에서 금속이 거의 존재하지 않는다.
- (5) 증발손실이 작다.
- (6) 장치 구입단가가 내릴 수 있다.

단점

- (1) 남아있는 잔사때문에 헹굼단계가 필요하다.
- (2) 재순환 및 폐수처리비용으로 경제성이 낮을 수 있다.
- (3) 농축된 형태로 분무세정기에서 사용되면 가연성의 위험이 생길 수 있다. 그러나 적절한 장치 설계를 하여 이러한 문제는 크게 완화할 수 있다.
- (4) 일부세정제는 불쾌한 냄새가 있다.
- (5) 일부세정제는 휘발성 유기 용매이다.
- (6) 경우에 따라서 건조기가 필요할 수 있다.
- (7) 일부세정제는 자연적으로 산화하여 산화방지제를 사용해야 한다.

준수세정제의 종류

acetonitrile, Actrel 3356L, Actrel 1140L, Actrel ED, Axarel 32, Axarel 38, MG-DGB, MG-MKLN, Solfine TM, EC 7, EC 7R, EC-Ultra, d-Limonene, Glidco 913-9N, Glidco 425-1R, Glidsafe 135, Turpenrine oil

할로겐 화합물

: HCFC, HFC, 기존의 규제받지않는 염소계

HCFC

- HCFC는 HCFC 123, HCFC 141b, HCFC 225 ca, HCFC 225cb
- HCFC는 오존파괴지수가 CFC 113이 0.8인데 비해서 상당히 낮은 0.05 - 0.13
- 2000년이후에는 규제의 대상이 될것으로 예상
- 일부 물질이 현재 고객선전용으로 소량 생산되어있고 곧 양산될 예정
- 이들물질은 CFC가 갖고있는 낮은 표면장력과 비가연성의 물리적 성질
- HCFC로 대체하려는 노력은 어려움
(Du Pont과 Allied Signal에서는 HCFC 123의 생산을 줄이거나 취소)

장점

- (1) CFC 113과 1,1,1 TCE에 필적하는 우수한 세정능력이 있다.
- (2) 장치투자비가 최소화할수있다. 이러한 물질을 사용하기위해서는 세정기 장치의 일부를 보완하거나 그대로 (drop-in replacement) 사용할수있기때문에 장치투자비가 최소화할수있고 장치면적도 추가되는 부분이 적기때문에 작을수있다. 탈지기 세정장치의 개선방법은 7:2.1에 나타나있다.
- (3) 복잡한 구조를 갖거나 틈새가 매우 작은 부품에도 세정이 가능하다.
- (4) HCFC 세정제의 에너지 소모량이 수계또는 준수계에 비해서 상대적으로 작다.
- (5) 플라스틱과 금속에 대한 재질호환성이 우수하다.
- (6) 건조는 쉽게 할수있고 세정공정에 물을 사용하지않기때문에 얼룩이 생기지않는다.

단점

- (1) HCFC는 과도기의 물질이다. 몬트리얼 의정서에는 2020 - 2040년에 HCFC 사용을 금지하도록 되어있다.
- (2) HCFC는 휘발성 물질이기때문에 용매방출을 최소화 하기위해서는 회수장치를 갖추어야한다.

- (3) HCFC는 1,1,1 TCE가 사용되는 일부 응용에서는 사용될수없다.
- (4) HCFC 123/HCFC 141b의 혼합물은 magnesium, zinc등 일부 금속과 ABS, acrylic, Hi-impact styrene등의 고분자물질과의 재질의 호환성이었다.
- (5) HCFC의 독성검사가 현재 진행중이다. HCFC 123, 141b는 1993년 이전에 끝날예정이고 HCFC 225는 1995년 이전에 끝날예정이다.

HFC

- HFC 43-10 meo.: 현재까지 발표된 유일한 HFC계통의 세정제
(일본 Du Pont에서 개발)
- 염소분자가 포함되어 있지않기때문에 오존파괴지수는 0이고 재질호환성도 비교적 다양한 물질에 적용
- 세정제로서의 제거효율은 아직까지 미확인

기존의 규제받지않는 염소계

- Trichloroethylene, perchloroethylene, methylene chloride등 염소계 용제
- 현재 사용되는 탈지기에 그대로 적용할수있고 비가연성및 비부식성, 건조속도가 빠르고 대량생산에 적용할수있으며 세정효과도 좋다. 몬트리얼의정서에 규제물질이 아니다.
- 적절한 관리와 더불어 작업자에게 노출되지않고 대기로 방출을 거의 하지않는 매우 밀봉이 잘된 세정기의 발달로 인해서 대체세정방법으로의 가능성
- 이들물질은 광화학적으로 반응성있는 휘발성 유기용매로 규제를 받고있으며 작업장 허용농도는 각기 50 ppm, 25 ppm, 50 ppm으로 CFC 113이 1000 ppm에 비해서 매우 낮다.
- trichloroethylene를 Group 3 (인간에게 암의 위해성이 없음), perchloroethylene와 methylene chloride를 Group 2B (인간에게 암의 위해성의 가능성이 있음)로 규정
- KB값이 1,1,1 TCE정도의 90-136으로 재질호환성에 주의
- 스웨덴및 스위스에서는 염소계 용제가 규제될것으로 예상

Perfluorocarbon

- pentafluoropropanol(PEFOL™)을 일본의 Daikin공업(주) 에서 개발하여 시판중
- 염소원자를 함유하지 않아서 ODP가 0이고 불연성이며 안전하여 허용농도가 6800 ppm
- 수용성이므로 수용성 flux와 수용성 오염물질을 들없이 세정할 수 있고 극성이나 이온성 물질을 쉽게 제거가능
- 금속의 세정에도 적합하지만 유지성 오염의 세정에는 비효과적
- 표면장력이 작아서 좁은 틈에도 침투할수 있어서 우수한 세정능력
- Elastomer중 chloroprene rubber, butyl rubber, butadiene rubber, SBR, silicone rubber에 대한 영향은 CFC-113보다 적다.
- 비점이 높아서 증발손실이 적을 뿐 아니라 증기세정법을 이용할 경우 세정효과를 향상

PEFOL™의 특성

특 성	PEFOL™ 5P	PEFOL™ 5P-W	PEFOL™ 5P-X
성분조성	CF ₃ CF ₂ CH ₂ OH (5FP)	5FP/물공비혼합물	5FP/계면활성제
끓는점 (°C)	80.7	77.3	81
어는점 (°C)	- 94	- 97	- 35
비중 @ 25 °C	1.510	1.466	1.405
점도(cp) @ 25 °C	2.82	2.73	4.85
표면장력(dyne/cm)	18.9	22	18
KB 값	36	33	43
증발속도(CC1 ₄ =100)	46	38	271
인화성	없음	없음	없음
오존파괴지수	0	0	0
주요용도	수용성flux세정 탈수건조	수용성flux세정 탈수건조	Rosin계flux세정 탈수건조

* 오존파괴지수 : Ozone Depleting Potential (CFC-11=1.0)

주요회사의 CFC 113 대체물질 개발현황과 생산 계획

제 조 회 사	대 체 물 질	공 장 건 설 위 치	공장 규모 (ton/yr), 투자비용, 건설년
DuPont	HCFC 123 HCFC 141b	Maitland, Canada	Commercial, \$20 million, 1991 1993
Allied Signal	HCFC 141b	Geismar, USA	\$50 million, 1992
ICI	HCFC 141b HCFC 123	Runcorn, Cheshire, 英	Pilot
Atochem	HCFC 141b/142b HCFC 141b/142b	Pierre Benite (佛) Calbert City (美)	40,000 ton/yr, \$88 million, 1992 50,000 ton/yr, \$30 million, 1991
Hoechst	HCFC 123		\$72 million
Montefluos	HCFC 123	Porto Marghera, (伊)	Semicommercial, L60,000million, 1991
Akzo	HCFC 141b	Weert, Netherlands	
Daikin	HCFC 123 HCFC 141b	(日本)	
Asahi Glass	HCFC 225s HCFC 123	Kashima, (日本)	800 ton/yr

-대제세정제 분류-

계 별	세정제 명칭
수 계	아스트로캠(ASTROCHEM), BLUE GOLD, BW CLEANER WS-1000, BW CLEANER CD-900, BW CLEANER W-100, BW CLEANER W-90D, Cerfa Kleen 3000, Cerfa 3050, Cerfa Kleen 5380, Cerfa Kleen 5380B-1, Cerfa Kleen HPW, Cerfa Kleen HST-D, CLEANER SUPER X-2, ET-세정제, ET 1000 무공해 세정제, ET 2000 무공해 세정제, ET 2000 COLD 무공해 세정제, Fore-sight F-101, Hi-Cleaner, KZ-4000, LIFE POWER 탈지세정액, 마블(MARVEL), MULT Cleaner(MULTI CLEANER), HS CLEAN FD 500, Pro-Meta-94-Semi-C(프로메타 94 반도채용), Pro-Meta-G 계열, (터어펜)AVSOL-7B, (터어펜) 856-4E,
준수계	Axarel 32, Cerfa Kleen S-2, Houghto Clean 402, KC-101, 201, 솔피트 80, 솔피트-A60, 솔피트-N50, B50
탄화수소계	엑트렐 1100V, 2200V, ED 11, ED 22, ED 33, HS CLEAN M1200, HS CLEAN M-50, 엑트렐 3307L, 3338L, 3356L, 1130L, 1047L, 1064L, 1083L, 1010L, AXAREL 2200, 4100, 6100, 9100, BW CLEANER WD-707, BW CLEANER WD-707A, BW CLEANER WD-805, Cleaner 2001, EXCEVENT-170, 172, 176, 240, Houghto Clean 410, 640, 650, 660, ISU ULTRASOL, LPS CFC-FREE ECC, LPS NOFLASH ECC, LPS PRECISION CLEAN, LPS PRESOLV, LPS SUPER 140°C/D, LPS ZEROTRI C/D, MICLEAN C 101, MICLEAN C 103, MICLEAN C 104, MICLEAN C 201, MICLEAN C 202, MICLEAN C 205, Naphtesol-M, PARTS PREP, SHIP SHAPE, PREP RITE, 솔피트-AC, 솔피트-A30, 솔피트-100, 솔피트-HA30, 솔피트-70AC, SOLVATING AGENT, (터펜) UTS-1, UTS-2, UTS-4B, 리모넨-DL, 리모넨-145, V-1, 화이트-30, 40, 50, 200M, 200L, 200H
염소계	CLEANER-6381, GENESOLV-2000, 2004, H.D.C-201, Houghto Clean 75A, 80, 95C, 메타크린(Methaclean), OXSOL 100, 550, 1000, SOLEANA-VDA(솔리나 VDA), 224-A, WHOOSH(후시)
불소계	AK-225, FORANE-141B, PFC, 할라돈 크린, HCFC-122A
기 타	ABZOL LA(비염소계), BW CLEANER E-45, PURASOLV P-EL(P-EL:탄화수소계, P-EHL : 준수계)

-국내업체의 대체물질 사용동향-

	제 품	사용중인 특정물질	대체가능한 특정 물질	비 고
전자부품	PCB조립	CFC-113	TCE 메틸알코올 수세정 ETHANA-VG	<ul style="list-style-type: none"> · 과도기간만 사용 · 화재위험 부담 · 부품에 피해 예상 · 선재부분 내부용사 · 세척력 저하로 현장에서 사용기피
		TMS	TCE	
	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 볼륨	CFC-113 TCE	TCE MC 1,1,1-TCE(규제대상)	
	LCD	CFC-113 TCE	CFC-141b 순수세정	GENESOLV 2000
	수정진동자	CFC-113		
	VTR 헤드드럼	CFC-113	TCE, MC	테스트 중
변압기 코어	CFC-113 1,1,1-TCE	MCE, TCE	시험 중	
전기부품	Micro DC motor	CFC-113 TCE		CFC혼합계 검토중
정밀기계 부 품	배어럼	1,1,1-TCE	콜로이드	국산 대체물질임

	제 품	사용중인 특정물질	대체가능한 특정 물질	비 고
자동차 부 품	Head Lamp용 반사경	CFC-113	톨루엔 수용성 용제	외국은 수용성 유기용제로 대체
	Radiator Condenser Compressor	CFC-113	수세정	
광 학 부 품	카메라	CFC-113		선진국 추세 관망
	렌 즈	CFC	아세톤, IPA, 초순수	인화성이 강함, 고가, 기술적 미확인
기 타 부 품	시 계	1,1,1-TCE		현재로서 대체 불가
	Accumulator (냉동, 공조용)	CFC-11	TCE	
	컴프레이서 (냉장고용)	CFC-113 1,1,1-TCE	수알칼리 세정	
	전 선	1,1,1-TCE		방청제, 도포 처리용

세정기술

- 기존세정방법

회분식 증기 세정
이동식 분무 세정
초음파 세정
Cold immersion cleaning
Soak Tanks
Wave 세정
Brush 세정

- 대체세정기술

설계방법개선
수세정기술
준수세정기술
무세정기술
고압가스이용
플라즈마세정
UV/오존세정
불화탄소를 사용한 알코올세정
얼음입자세정
열진공탈오일화
금속세정에서 무세정

세정제 검사방법

