

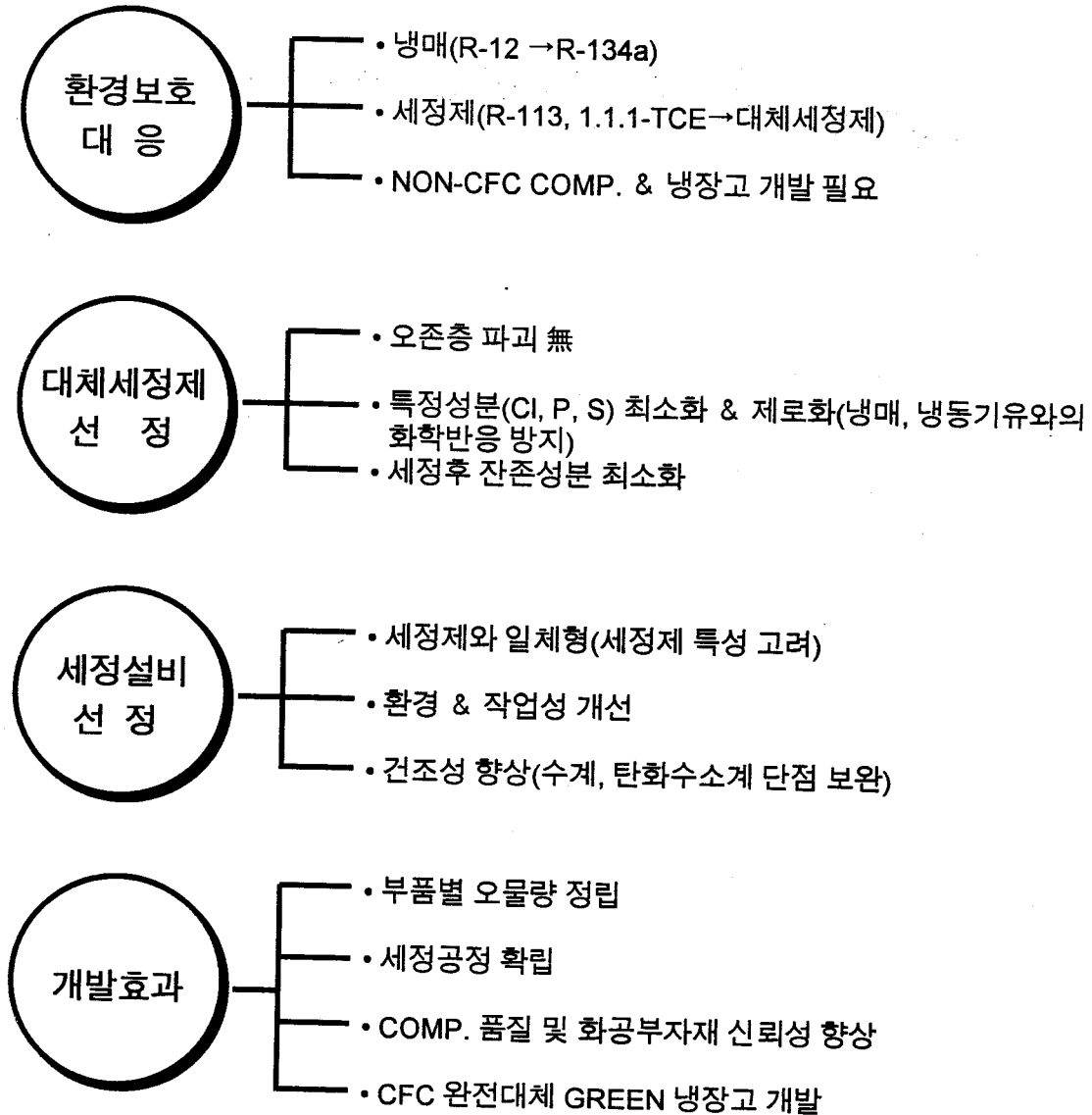
## 냉장고用 Comp. 대체세정 적용

LG전자 창원1공장  
MTC 기술연구소  
문 정 두



# 1. 개발배경

## 1-1 배경 및 목적



주) COMPRESSOR(이하 COMP.라 함.)

## 2. 화공부자재의 화학반응 이론

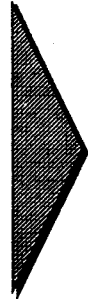
### 2-1 Capi.-Tube 막힘의 원인 및 물질

#### 원 인

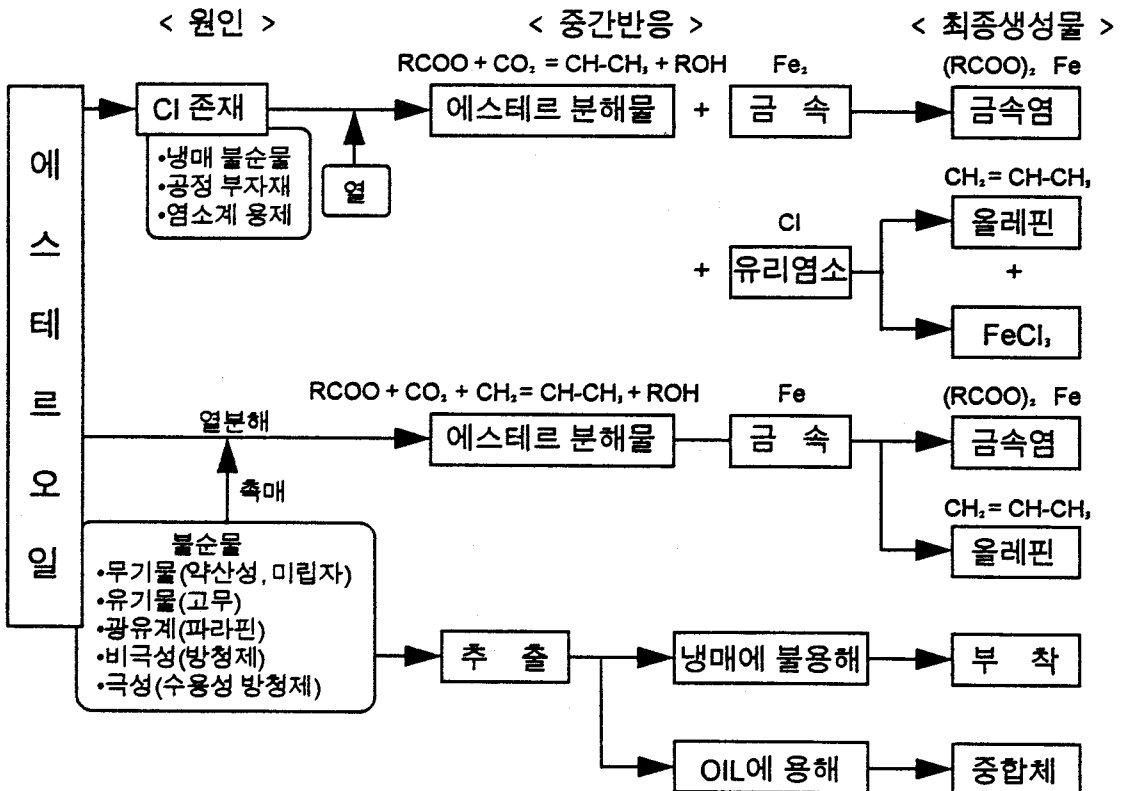
- Ester Oil 가수분해에 의한 지방산의 생성
- 첨가제(예 : ZDDP)
- 공정유(조립유)
- 이형제
- 윤활성의 불량

#### 물 질

- 금속염(石비누)
- P, S, Cl, Zn
- 탄화수소
- SILICON OIL
- 철분, Si분

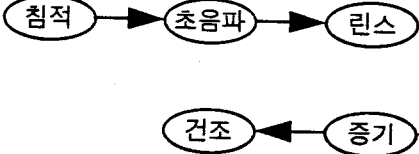
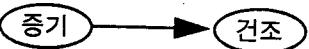
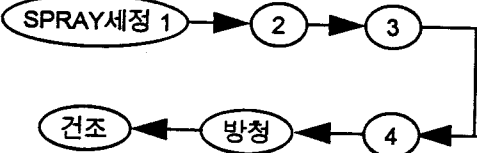
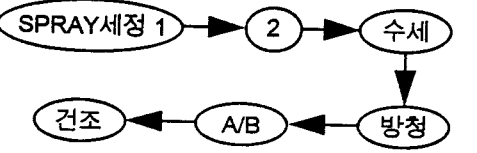


### 2-2 불순물과의 화학반응 구조



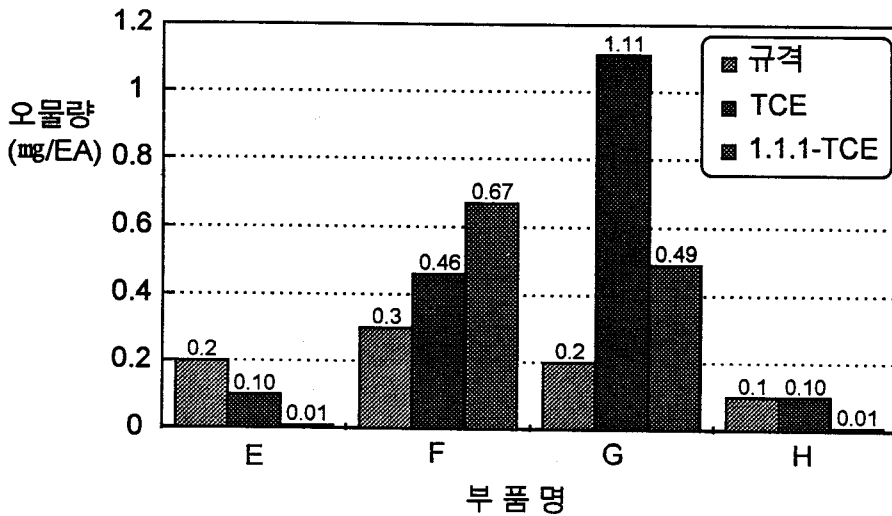
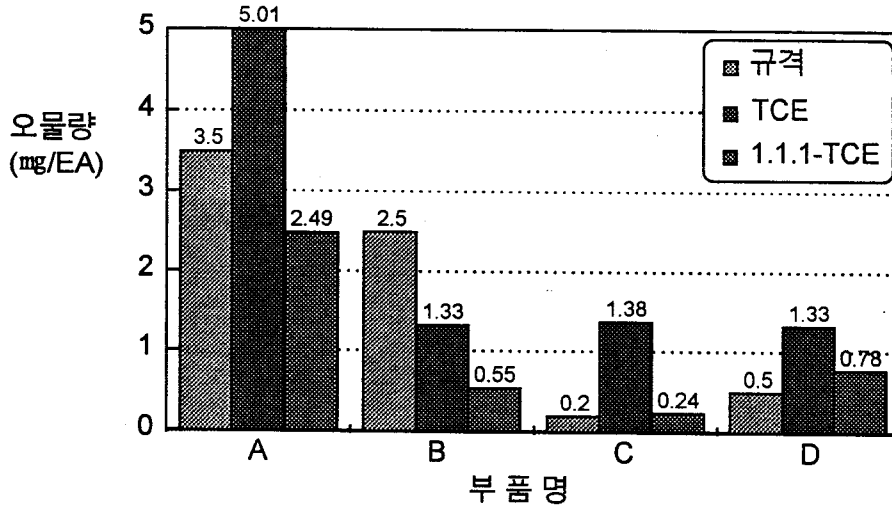
### 3. 세정현황

#### 3-1 세정 공정 현황

구 분	상 세 내 용	문 제 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>•1.1.1-TCE 세정</li> <li>•R-113 세정</li> </ul>	<p>1)적용부품 : A 부품外 13種</p> <p>2)공 정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dipping &amp; 초음파 세정방식</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- 회전 세정방식</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CFC 규제 대상물질 ('96년 전폐)</li> <li>• 세정제 LOSS 발생</li> <li>• 연마흑연 CHIP 세정 불가</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•수계 알카리 세정</li> </ul>	<p>1)적용부품 : B 부품外 9種</p> <p>2)공 정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• B-1 부품 세정</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• B-2 부품 세정</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세정 성능 저조</li> <li>• 세정후 부품 표면 백분 잔존</li> <li>• 세정설비 효율성 저조</li> </ul>

### 3-2 세정수준

#### 1) 오물량 결과



#### 2) 의견

- 세정제의 KB치 차이에 따라 1.1.1-T.C.E보다 T.C.E가 오물량이 다량 검출됨.
- 거의 규격을 만족하지 못한 것으로 보아 현재 세정수준이 저조한 실정임.
- 따라서 향후 세정제 선정, 세정방식 및 세정공정 정립이 반드시 필요함.

## 4. 개발 내용

### 4-1 시험준비

#### 1) 세정제 준비

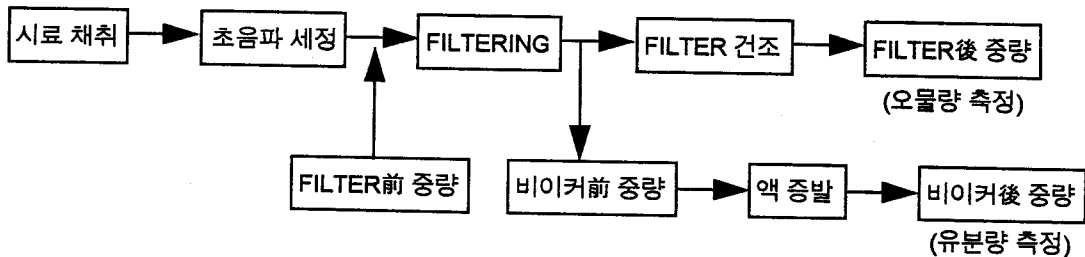
- 수계(알카리) 세정제 : 15種(9개社)
- 유기용제 세정제 : 7種(6개社)
- 수계 방청제 : 7種(1개社)

#### 2) 시편(COMP. 부품)

- 가공 부품 (A, B, C)
- 제관 부품 (D, E, F)

#### 3) 오물량/유분량 시험방법

• 시험순서 :



• 시험조건 :

- FILTER : GLASS FILTER
- 용 제 : 1.1.1-T.C.E
- 시 간 : 20분
- 방 식 : 초음파 방식

#### 4-2 세정평가 기준 설정

항 목	세 부 항 목	시험장비명	목 적	시 험 처
세정제 & 방청제 분석	특정 성분(Cl, S, P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IC</li> <li>• ICP</li> <li>• GC-MASS</li> </ul>	유기물중의 성분 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LG화학 중연</li> <li>• 부산공업대</li> <li>• 자체</li> </ul>
	일반 성분(Na, Si, K)			
세정성 평가	오 물 량	오물량 시험기	부품표면 미세 CHIP량	• 자체
	유 분 량	습식 분석기	부품표면 가공유 량	
적합성 평가	Sealed Tube Test	전용 시험기	화공 부자재와 냉동기유와의 화학반응성 시험	• 공동석유 & 자체
표면잔존성분	특정 성분(Cl, S, P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ESCA</li> <li>• AES</li> </ul>	세정후 잔존성분 유무 판단	• LG 기술원
	가공유 성분(Mo, S)			
폐수 처리성 시험	JAR-TEST	전용 시험기	화공 부자재의 폐수 처리 가능성 조사	• 자체
	COD, 유분	습식 분석		
세정제 & 방청제 특성 시험	유분 처리량	습식 분석	기본 물성 수준 조사	• 자체
	증발 잔존량			
	증발 속도			
	기포 생성도			
	소재 용해성			
	부패성			
신뢰성 평가	COMP. 단품 수명	전용시험기	수명시험후 OIL특성 및 COMP. 성능 조사	• 자체
	SET 부착 시험	냉장고 수명시험	수명시험후 OIL특성 및 냉장고 성능 조사	• 자체
오물 입자	성분 분석	ICP, AA기		• 자체
	입자형태 & 크기	현미경, SEM		

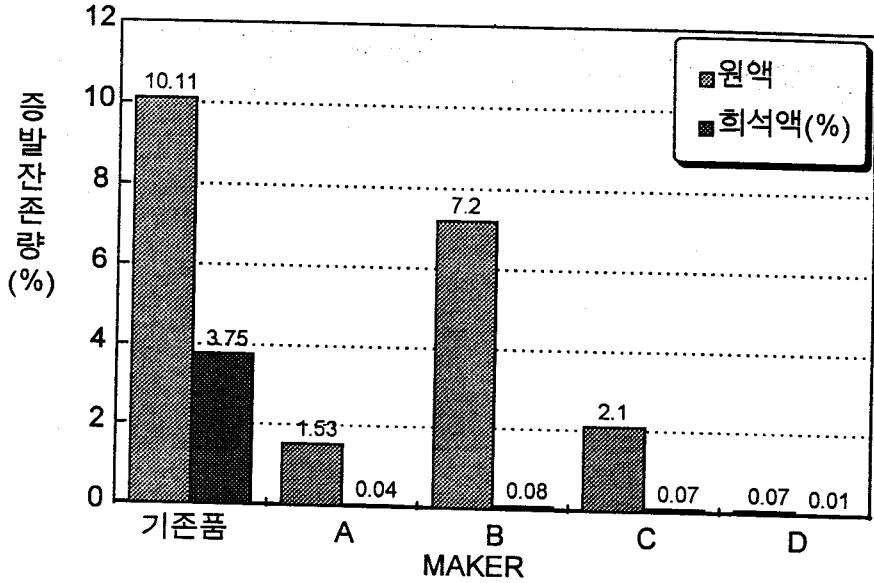


4-3 세정제 특성시험

1) 수계 방청제

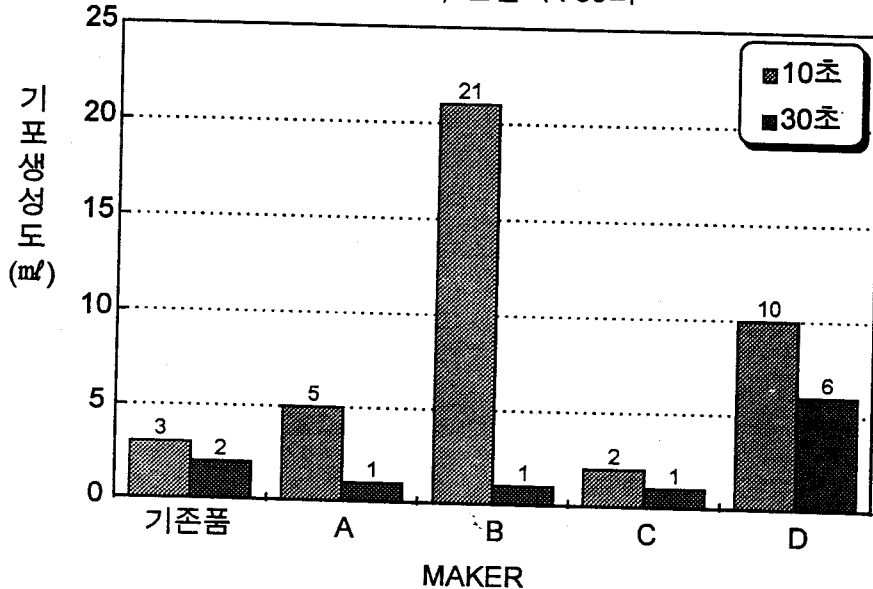
• 증발잔존량 TEST

- 시험조건 : 3g × 105°C × 2시간



• 기포생성도 TEST

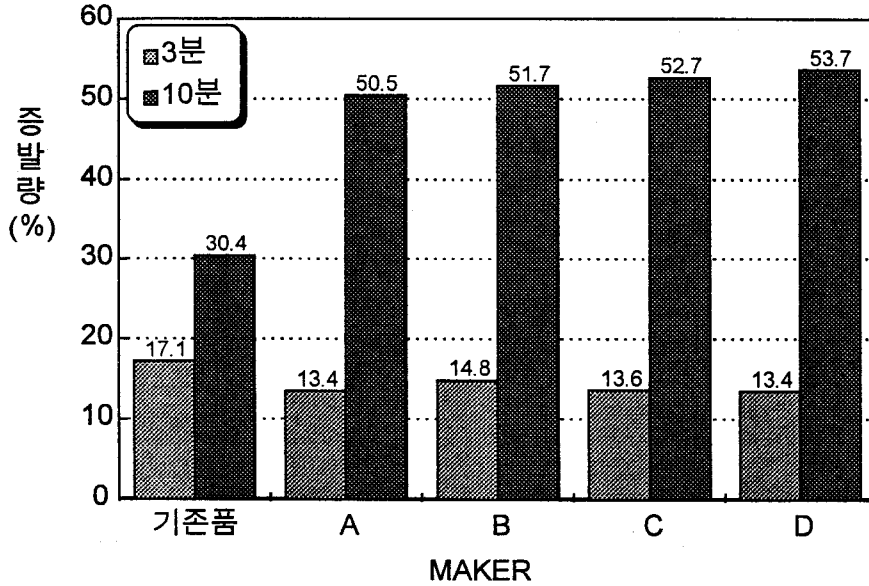
- 시험조건 : 농도 : 2%, 온도 : 55°C, 흔들기 : 30회



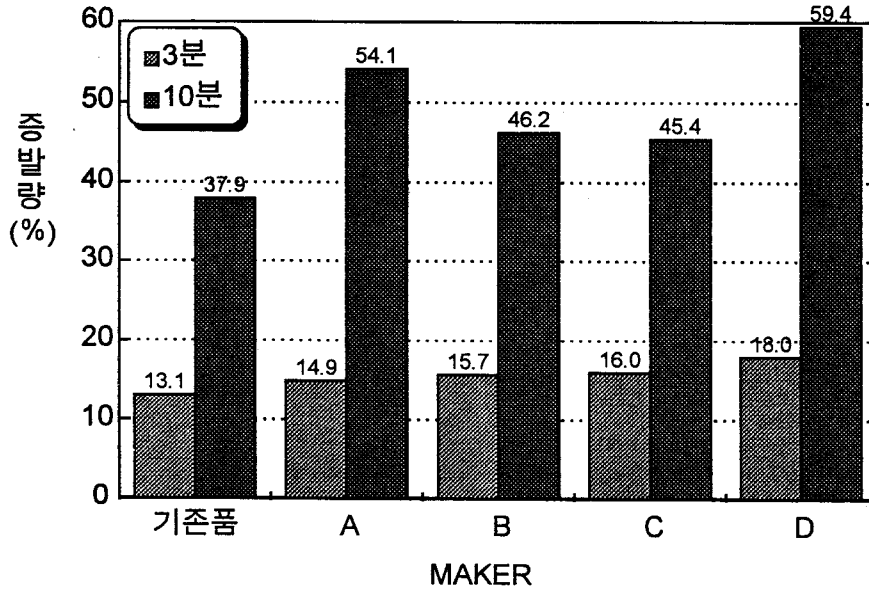
• 가열시간별 증발량 TEST

- 시험조건 : 5g × 105°C

㉠ 원액의 경우



㉡ 희석액(2%)의 경우



시험항목	시 험 조 건		기 존 품	A 社	B 社	C 社	D 社
방 청 성	항온항습	50℃ × 95% × 2분	미세발청	심한발청	←	←	←
	물SPRAY	물분사후 10분 (거리:20cm)	미세발청	발 청	발 청	발 청	미세발청

시험항목	시 험 조 건		P 社	E 社
소재용해성 (Fe)	0 분	•희석액 : 2% •온도 : 40~50℃ •시료 : C 부품	용 해 不	용 해 不
	10 분		〃	〃
	60 분		미 세 용 해	〃

※ 의 견

1. 증발잔존량은 기존품에 비해 개발품이 극미량으로 안정함.
2. 가열시간별 증발속도는 세정후 & 건조時 건조구간, 온도 및 시간에 직접적인 관계가 있음.
3. 일반적인 건조조건은 온도와 시간만 고려하지만 LG전자는 건조온도, 풍속, 풍량을 설정하여 설비 제작하였음.

2) 수계 세정제

시험항목	시험조건		P社 P-1	K社	비고
OIL 흡수 & 분리 능력도 - 온도 : 40℃ - 농도 : 2% - 비율 : 세정액 30ml + OIL 70ml	흡수 능력		4 배	←	
	분해 능력 (ml)	10 분	14	21	
		20 분	22.5	37.5	
		40 분	29.3	44	
		60 분	32	47	
SPRAY 세정력	오물량 (ml / EA)	A 부품	1.63	1.41	n = 10
		B 부품	4.13	3.77	n = 4
	유분량 (ml / EA)	A 부품	10.02	9.99	n = 10
		B 부품	23.59	26.34	n = 4

※ 의 견 : 세정능력을 평가하기 위해서는 세정제에 용해된 油(가공유, 윤활유)의 최대흡수능력 對 분해능력이 우수해야 세정력이 발휘 됨.  
(4배 : 40%)

3) 탄화수소계 세정제

시험항목	시험조건		E社	D社	
				D - 1	D - 2
증발잔존량(%)	원액 3g × 105℃ × 2시간		0.0001	0.09	0.05
가열시간별 증발량(%) (증발속도)	3 분	원액 5g × 105℃	13.3	18.4	7.9
	7 분		39.0	69.5	22.7
	10 분		64.8	93.2	33.5

※ 의 견 : 신냉매用 세정제는 세정 & 건조후 잔존량을 최소화(제로화), 증발속도는 급속화로 건조구간을 단축시켰음.

건조조건 {  
 - 종전 : 온도, 시간  
 - 최적 : (온도, 시간) 풍속, 풍량, α(건조前 A/B, 건조 노즐각도)

#### 4.4 세정성 평가

##### 1) 선진업체 세정 공정별 시험

###### ① 시험조건

- 세정전 조건 : 가공후 56시간 방치품
- 시험설비 : 세정팀 시험설비
- SAMPLE : 가공부품

###### ② 시험결과

부품명	A 공정		B 공정		LG 양산수준	
	오물량	유분량	오물량	유분량	오물량	유분량
C/SHAFT	○	○	△	○	×	△
C/SHAFT	○	○	○	△	×	×
C/SHAFT	○	△	×	○	△	△

범 례	○	우수
	△	보통
	×	저조

###### ③ 의 견

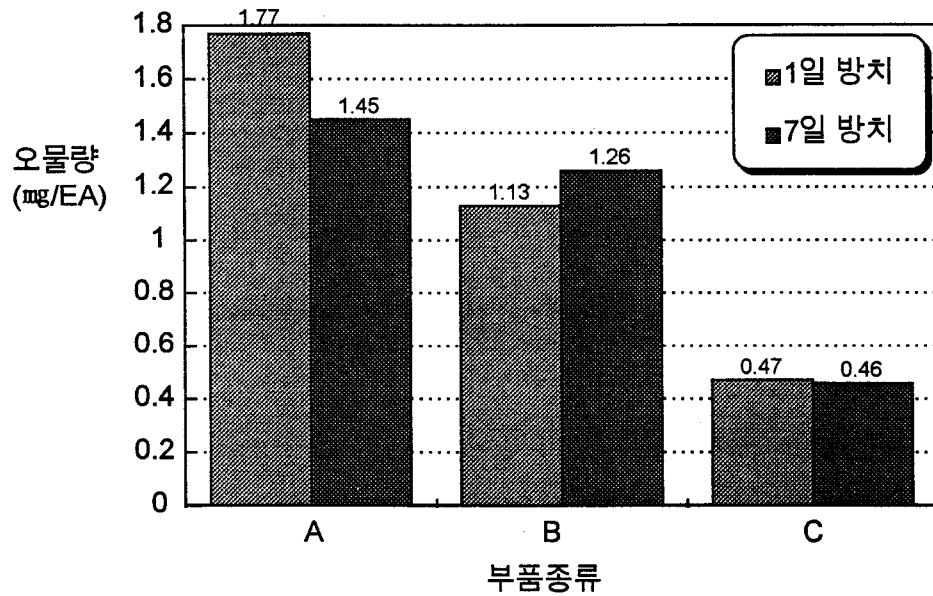
- B 세정공정은 규격을 만족함.
- A 세정공정은 C/SHAFT 규격을 불만족.
- LG는 B 공정을 기준으로 추진하였습.

2) 방치 시간별 시험

① 목 적 : 부품 가공후 방치 시간에 따라 고착된 가공유의 세정성 평가

② 시험조건 :   
┌ 가공후 1일, 7일 경과품  
├ B 세정 기준  
└ 시험 설비 : 세정팀 시험 설비

③ 시험결과



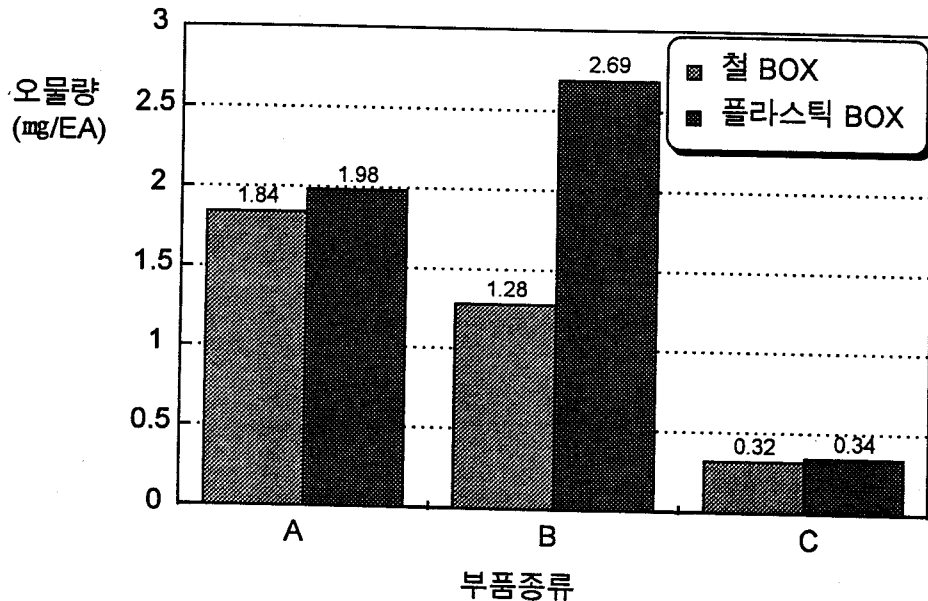
④ 의 견 : 방치 시간에 따른 차이는 없음.

### 3) 세정 BOX별 세정력 시험

① 목 적 : 현 사용품인 플라스틱 BOX의 세정성 평가 및 BOX SPEC. 결정

② 시험조건 : B 세정 기준

③ 시험결과



### ④ 의 견

- 철 BOX 대비 플라스틱 BOX가 세정력이 저조하고 특히 B 부품이 규격치를 만족하지 못하므로 BOX를 변경했습.
- 플라스틱 BOX의 경우 초음파를 흡수하는 성질로 초음파 세기가 감소됨.  
(초음파용 BOX는 반드시 STEEL BOX로 해야됨.)

#### 4.5 표면 잔존성분 분석

##### 1) 기존품

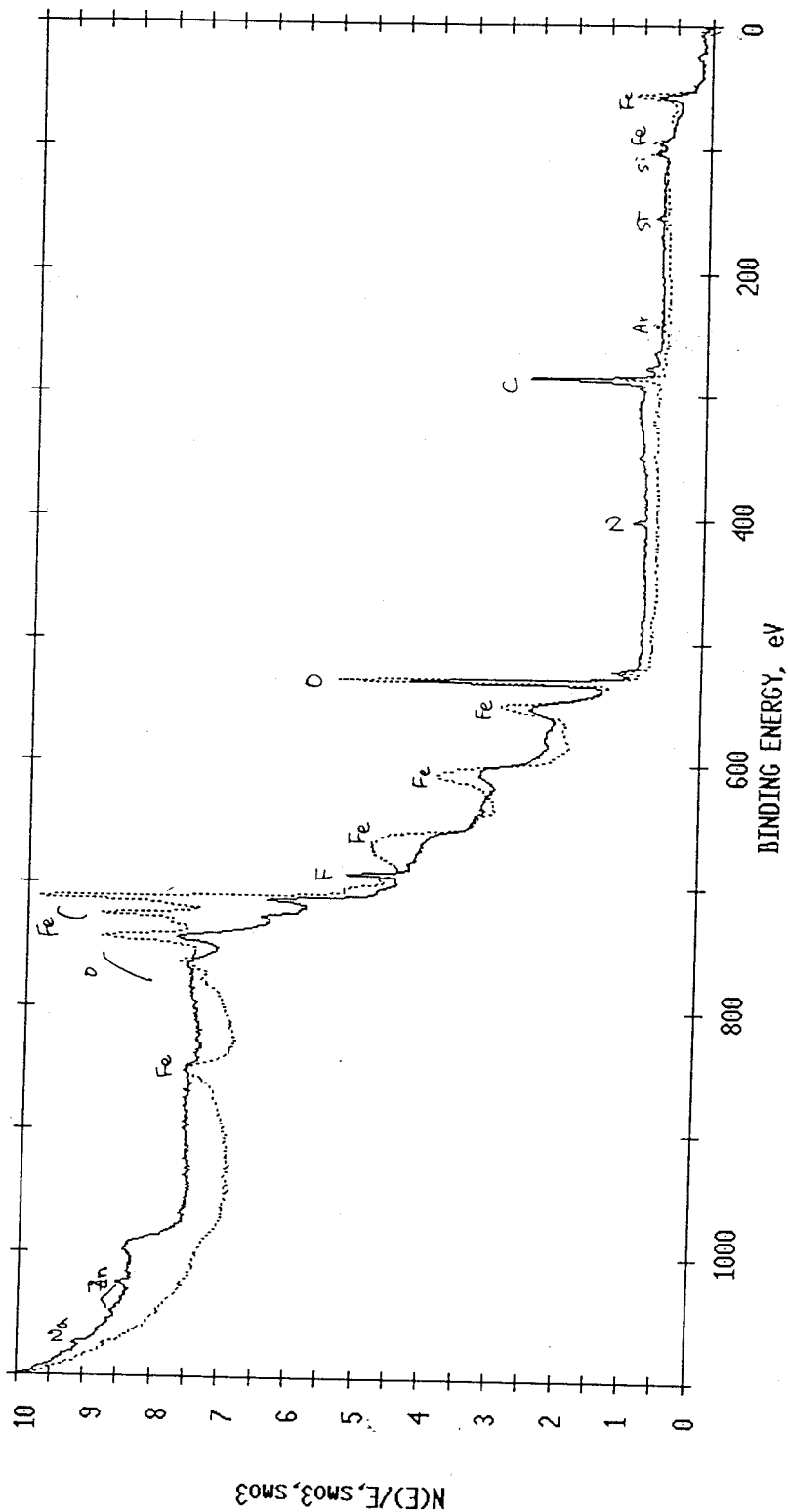
시 료		잔 존 성 분		결 과
		다 량 원 소	미 량 원 소	
A 부품	오염부위	Na, O, S, C	Fe, Ca, N, Cl	S가 다량 잔존한 것으로 보아 가공유 성분이 완전 세정 되지 않음.
	비오염부위	Fe, Si, O, C	S, Ca, Cl, N, Na	
B 부품	오염부위	O, Si, C	Na, Fe, P, Ca, S, Cl, N	P외 Si함량 다량 잔존으로 가공유 및 세정제 성분 잔 존함.(또한 산화물 잔존)
	비오염부위	Fe, Si, O, C	S, Ca, Cl, N, Na	
C 부품	오염부위	P, S, Si, Fe, O, C, Na	Cl, Ca, N	Si와 Na가 다량 잔존 (세정제 성분 잔존)
	비오염부위	Fe, Si, O, C, S	P, Ca, N, Na, Si	
D 부품	연마부위	C, O, Fe, Cu, S	Cl, Ca, N	흡부위에 S성분이 다량 잔존함
	흡부위	Fe, O, C, S	Cu, N, Cl	
E 부품	오염부위	C	O, Fe, N	C성분 잔존함
	비오염부위	O, Fe, C	S, N	
F 부품	비오염부위	O, Fe, C, P	S, N	P성분 잔존(가공유 잔존)
G 부품	오염부위	C	Na, O	오염원이 다양함 (C, O, Na, P, S) 세정제 & 가공유 성분 잔존
	비오염부위	C, O, Na	P, S, Cl	

- 의 견 :

- Sample별 차이가 있으나, 대체로 가공유 성분 세정되지 않아 잔존함.
- 세정후 세정제 성분이 다량 잔존으로 신냉매 적용時 공정개선이 필요함.



ESCA SURVEY 12/21/93 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=24.21 min  
FILE: 93mjd3\_14 #1 C/SHAFT  
SCALE FACTOR= 8.362 k c/s, OFFSET= 0.792 k c/s PASS ENERGY= 44.750 eV Mg 400 W

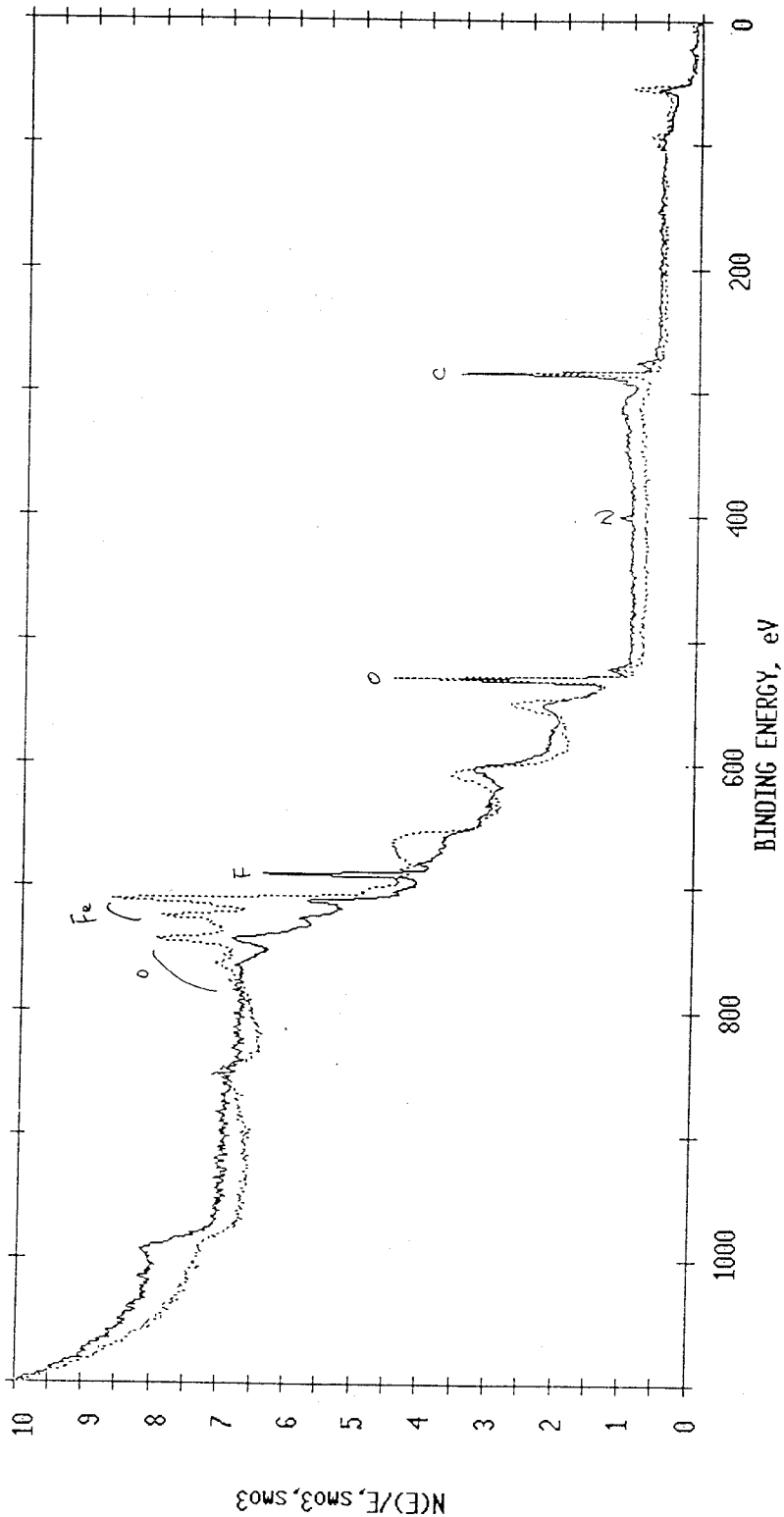


2) 개발품

Sample \ 원 소		Fe	C	O	F	Na	Si	N	Ca	Ag	Cl	S	P
A 부품	가공면	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-
B 부품	외 경	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
	내 경	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
C 부품	외 경	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○
	내 경	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
D 부품	외 경	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
	내 경	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	-
E 부품	외 경	○	○	○	-	-	-	○	-	○	○	-	-
	내 경	○	○	○	-	-	-	○	○	○	○	○	-
F 부품		-	○	○	-	-	○	○	-	-	-	○	-
G 부품		○	○	○	-	-	-	○	-	○	-	○	-

※ 의 견 : 잔존원소가 다양하게 있으나, Ar Sputtering 후 잔류성분이 제거되는 것으로 보아 잔존성분은 미세(수십 Å)하게 잔존하므로 신냉매에 적용 가능함.

ESCA SURVEY 12/13/93 ANGLE= 45 deg ACQ TIME=5.87 min  
FILE: 93mjd3\_36 #3 frame  
SCALE FACTOR= 8.544 k c/s, OFFSET= 0.925 k c/s PASS ENERGY= 44.750 eV Mg 400 W



#### 4-6 오물입자 크기 & 형태

1) 시험목적 :오물에 의한 이상마모 & LOCK 발생방지를 위한 세정조건 강화.

2) 시험결과

(단위 :  $\mu\text{m}$ )

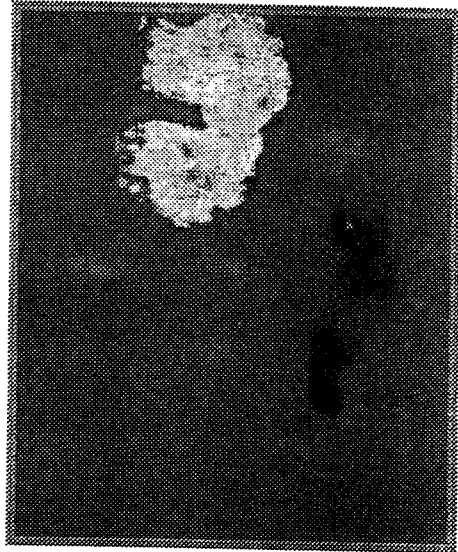
부 품	기 존		개 발	
	입자크기 분포	입 자 형태	입자크기 분포	입 자 형태
A	80 ~ 200	칼 날형	70 ~ 130	FLAKE 형
B	55 ~ 75	사각형(미립자)	59 ~ 70	사각형(미립자)
C	40 ~ 65	FLAKE + 둥근형	50 ~ 75	FLAKE + 둥근형
D	35 ~ 45	사각형(미립자)	25 ~ 35	사각형(미립자)

3) 의 견 :

- 부품별 오물량은 규격을 만족하나 오물입자가 커서 다소 신뢰성에 우려가 됨.  
(A의 입자가 가장 큼)
- 오물형태 및 크기(100 $\uparrow$ )를 볼때 부품의 이상마모 발생요인이 될 수 있음.
- LG는 오물량 규격개정時 오물입자 크기(100 $\mu\text{m}$  $\downarrow$ )도 관리항목으로 설정하였슴.
- 오물입자가 큰 것은 Spray 세정시 제저되며, 미립자 및 흑연가루는 초음파세정시 제저되므로 향후 세정공정정립시 초음파세정의 중요성을 인식해야 됨.

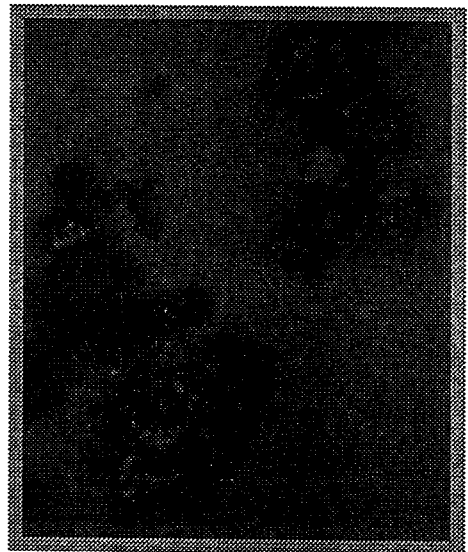
기존품(A 부품)

(×200)



개발품(B 부품)

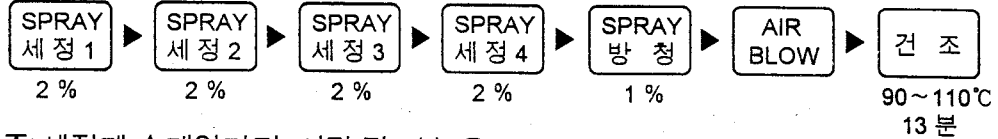
(× 200)



## 5. 세정 공정 확정

### 1) A 세정기

#### • 현 공정



주)세정제:수계알카리, 시간:각 2분, 온도:40~50℃, SPRAY압력:2.5~3kg/cm<sup>2</sup>

#### • 대체 공정

공정	SPRAY 세정 1	SPRAY 세정 2	초음파 세정 1	초음파 세정 2	초음파 수세 1	초음파 수세 2	침적 방청	AIR BLOW	건조
세정제	수.알카	←	←	←	-	-	수계	-	-
처리시간 (초)	90	←	90	←	←	←	←	90	10분
압력(kg/cm <sup>2</sup> )	4	←	-	-	-	-	-	-	-
온도(℃)	40~50	←	←	←	←	←	40~50		80~90

#### • 의견

##### - 3 공정 추가

㉠ SPRAY세정 : 사용상 문제점인 세정액의 노화가 빠른 것을 보완

㉡ 침적방청 : 부품표면의 세정제 성분 완전 제거

㉢ AIR BLOW : 점착 발생방지, 방청제 잔유분 최소화, 건조시간 단축

- 오물입자가 큰 것은 SPRAY 세정時, 미립자 및 흑연가루는 초음파 세정時 제거됨.

### 2) B 세정기

#### • 공정

공정	세정1	세정2	수세	방청	AIR BLOW	건조
세정제	수계알카리	←	공업용수	수계	-	-
처리시간 (초)	30	40	40	30	10	50
분사압력 (kg/cm <sup>2</sup> )	4	←	←	←	←	-
온도(℃)	10~20	←	←	←	60	80 이상
세정 방식	SPRAY	←	←	←	-	열풍건조

• 의 건

- 세정성을 향상하기 위해 SPRAY 압력을 증가시켰습.
- 세정력 = (농도 + 온도 + 시간) × 분사조건(압력, 노즐구경, 수량, 각도) + α(세정제, 부대장치)

3) C 세정기

- 부품
  - 1 그룹 : 액의 흐름이 유리한 부품
  - 2 그룹 : 액이 고이는 부품, CUP모양

• 공 정

구 분	현 재	대 체	비 고
공 정	증기탈지 → 자연건조 (1 그룹 : 고정식) (2 그룹 : 회전식)	• 1 그룹 : 수계알카리 (탈지→린스 →A/B→건조)  • 2 그룹 : 탄화수소계 (탈지→린스 →A/B→건조)	SPRAY식
세 정 제	1.1.1-T.C.E		회전식

• 추진안

- 1 그룹 : 건조방법 및 건조시간 단축 검토(수계알카리)
- 2 그룹 : 침적후 건조성 & BRAZING 용접성 검토(탄화수소계)

4) D 세정기

항목 \ 구분	현 재	대 체
공 정	<pre>           graph LR             A[침적세정] --&gt; B[초음파세정 1,2]             B --&gt; C[증기세정]             C --&gt; D[자연건조]           </pre>	<pre>           graph LR             E[초음파세정] --&gt; F[린스]             F --&gt; G[건조]             G --&gt; H[AIR BLOW]           </pre>
세 정 제	1.1.1-T.C.E	탄화수소계
세정방법	자동 이송세정(투입, 취출 수작업)	수작업



5) E 세정기

항목 \ 구분	현 재	대 체
공 정	증기세정 ▶ 자연건조	SPRAY세정 ▶ A/B ▶ 자연건조
세 정 제	1.1.1-T.C.E	탄화수소계
분사 압력 (kg/cm <sup>2</sup> )	-	3 ~ 4
온 도(°C)	79	상 온

## 6. 결 론

1) 신냉매 적합성 및 세정공정 확립을 위해 다음과 같이 대체세정제를 선정함.

- 선정기준 :
  - 적합성 평가에서 양호할 것.
  - 성분중 특정성분(Cl, P, S) 및 잔존성분 최소화.
  - 세정성 & 일반 방청성 우수.
  - 폐수처리성 양호
  - 환경성 및 작업성.

### • 선 정

공 정	R - 12用	신냉매(R - 134a)
A 세정	수계 알카리	수계 알카리(세정개선)
B 세정	수계 알카리	탄화수소계(석유계)
C 세정	1.1.1-T.C.E	탄화수소계(석유계)
D 세정	1.1.1-T.C.E	수계 알카리
E 세정	1.1.1-T.C.E	수계 알카리
		탄화수소계(석유계)
F 세정	수계 알카리	수계 알카리(세정개선)

2) 세정성 향상 및 세정공정 정립을 위해 다음과 같이 대체세정공정을 확정함.

- 설정기준
  - 환경개선 & 작업성 우수
  - 생산성 향상
  - 합리적인 SYSTEM 구성(액절감, 세정효율성, 건조성, 물류)
- 공 정

설비명	대상부품	세정제	공정 SPEC
A 세정기	A 부품外 9種	수계알카리	1)공정 : 세정4→수세2→방청→A/B→건조 2)방식 : - SPRAY2, 초음파, 침적1 - BOX 2열 BATCH처리(자동) 3)크기 : L18M×W4M×H2.5M
B 세정기	B 부품外 9種	수계알카리	1)공정 : 세정3→수세→방청→A/B→건조 2)방식 : - ALL SPRAY TYPE - BOX 2열 연속처리(자동) 3)크기 : L12M×W2.5M×H17M
C 세정기	C 부품外 11種	수계알카리	1)공정 : 탈지 & 방청→A/B→건조 2)방식 : - ALL SPRAY TYPE - BOX 2열 연속처리(자동) 3)크기 : L6.7M×W2.5M×H17M
D 탈지기	D 부품外 9種	탄화수소계	1)공정 : 탈지→린스→A/B→건조 2)방식 : - ALL DIPPING - BASKET회전, BATCH처리 3)크기 : L2M×W1M×H3M
E 세정기	E 부품	탄화수소계	1)공정 : 세정→린스→A/B→자연건조 2)방식 : - 초음파(1), 침적(1) - 수작업 3)크기 : L2M×W1M×H0.8M

3) LG전자는 환경보호의 모범업체로서 대체세정제 & 세정설비 개발로 세정공정 정립과 제품 신뢰성이 보장된 "CFC 완전대체 GREEN 냉장고"를 생산하여 고객의 NEEDS에 부응하게 되었다.

