

## 납땜 플럭스 개발에 관한 연구

### A Study on Developing of Soldering Flux

이 통 영<sup>†</sup>Tong-Young Lee<sup>†</sup>

삼성전기주식회사 녹색경영그룹 이사

#### 요 약

전자산업의 공정에서 PCB기판납땜은 필수적이며 이에 사용하는 Flux내 용제인 IPA(Isopropyl alcohol)와 메탄올은 인화성과 폭발성이 강한 물질로 화재위험성이 대단히 높다. 또한 메탄올은 유독성물질로 지정되어 있으며, 환경법상 VOC(Volatile Organic Compound: 휘발성유기화합물)규제물질로 지정되어 있어 대체물질 개발이 절실히 요구된다. 이에 기존 Flux특성을 가지고 있으면서 화재위험성은 없고, 휘발성유기화합물 규제물질에는 해당되지 않는 디클로로프로판(Dichloropropane, DCP)를 주성분으로하여 Flux 특성에 맞는 안정제 및 첨가제를 적정 조성비로 조합하여 용제를 개발하였다. 그 결과 200 ppm의 작업환경허용농도를 470 ppm으로 완화시킬 수 있었으며 납땜불량율은 0.083%에서 0%로, 퍼짐성은 85%에서 87%로, 절연저항은  $1.0 \times 10^{12} \Omega$ 에서  $6.9 \times 10^{12} \Omega$ 으로 기존 Flux보다 우수하였다. 그러므로 Flux의 안정성은 물론 환경안전측면과 품질, 생산성도 향상이 가능함을 확인하였고, 품질 특성시험 및 제품 신뢰성시험 결과 만족할 만한 결과를 얻었다.

#### ABSTRACT

Flux, essentially used in soldering process of PCB (Printed Circuit Board) in electronics industry, contains IPA (Isopropyl alcohol) and methanol, which are highly inflammable and explosive. Hazard Chemical Controlling Law classified methanol as toxic material and Environmental Law classified methanol as VOC (Volatile Organic Compound). So there have been pressing needs of developing substitutes for the existing Flux. New solvent which is non-flammable and main component is DCP, having same specific character of the existing Flux. It's been combinated with proper composition ratio adding stabilizer. As a result, it relieved working Environment Allowance thickness 200 ppm to 470 ppm, chance of not been soldered 0.083% to 0%, spread 85% to 87%, power saving resistance  $1.0 \times 10^{12} \Omega$  to  $6.9 \times 10^{12} \Omega$ , which means a lot better than the existing Flux. Therefore, Flux confirmed the chance of improving productivity, safety, environment safety and quality. Also, Flux got a satisfied result after product quality test and product reliability test.

**Keywords** : Electronics industry, Isopropyl alcohol, Highly inflammable, Explosive, Diclropropane

#### 1. 서 론

일반적으로 인쇄회로기판등의 납땜(Soldering)공정에 있어서, Flux는 금속상의 오염물질이나 산화물등 납땜작업을 방해하는 물질을 제거하고, 표면장력을 감소시킴으로써 금속에 확산이 잘 되고, 젖음성(Wetting)효과를 개선하기 위해 사용하게 된다. 일반적으로 용제, 로진(Rosin), 활성제 및 기타 첨가제로 구성되며, 그 중

용제로는 이소프로필알코올(Isopropyl Alcohol), 메틸알콜(Methyl Alcohol)이 사용되어 왔으나, 이들은 인화성 및 폭발성이 강하여 화재위험성이 높을 뿐만 아니라 보관상의 문제가 있다. 또한 대기환경보전 측면에서는 휘발성유기화합물질로 규정되어 있어 이를 계속하여 사용할 경우 휘발성유기화합물질 배출억제를 위한 별도의 조치를 하여야 하는 문제가 있다. 즉, 휘발성유기화합물은 증기압이 높아 대기중으로 쉽게 증발되고 대기중에서 질소산화물과 공존시 태양광의 작용에 의한 광화학 반응에 의해 오존 및 PAN(Peroxyacetyl-

<sup>†</sup>E-mail: yngc@samsung.co.kr

Nitrate) 등 2차 오염물질을 생성하는 원인 물질로서, 이 물질을 세정제로 계속 사용할 경우 휘발성유기화합물질 제거를 위한 흡착, 연소시스템등의 대기오염방지시설 설치는 물론, 납땜공정 Pre-heating조의 고온조건(90~110°C)에서 인화성 플럭스에 의해 화재, 폭발 사고의 크나큰 위험성이 있기 때문에 물질 대체는 시급한 실정이었다. 따라서 납땜공정의 Flux를 난연성, 비휘발성유기화합물, 비유독물질로 대체하여 대기오염방지시설 투자를 최소화하기 위해 기존의 이소프로필알코올(Isopropyl Alcohol) 용제 Flux를 디클로프로판(Dichloropropane, DCP) 용제 Flux로 대체하여 작업환경허용농도를 감소시키고 절연저항, 퍼짐성, 도포불량을 개선시키는 경제적인 Flux에 대해 논하고자 한다. 그러므로 환경안전 및 품질적인 문제를 해소하는 동시에 수익성을 창출할 수 있는 녹색경영 사업장 실현을 위한 기회로 삼고 제품 경쟁력 강화에 일조하고자 한다.

## 2. Soldering M/C 구조 및 특성

Fig. 1은 인쇄회로기판등의 납땜공정의 Soldering Machine의 구조와 작업공정과정을 나타낸 것이다. PCB 기판이 콘베어를 타고 Flux조에 침적이 되고 Pre-Heater조에서 용제는 전량 휘발되며 납땜과정인 1차 Wave Soldering, 2차 Wave Soldering를 거쳐 납땜공정이 완료된다. 이때 Flux 역할 및 특징은 다음과 같다.

첫째, 납땜하고자 하는 금속의 오염물질이나 산화물 등 납땜작업을 방해하는 물질을 화학적으로 깨끗이 제거해 주는 역할을 한다. 둘째, 땜납의 표면장력을 감소 시킴으로 땜납이 납땜하고자 하는 금속에 확산이 잘 될수 있도록 도와주는 역할을 한다. 셋째, 납땜하고자 하는 모든 금속표면에는 아주 얇은 산화피막이 존재함으로써 이러한 산화막의 제거는 Flux의 종류 또는 Flux

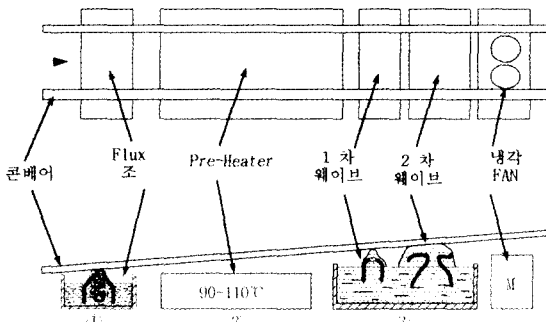


Fig. 1. The structure of wave soldering machine.

도포방식에 따라서 품질에 큰 영향을 끼칠 수 있다.

Fig. 1의 ①은 Flux의 도포방식에 따라 Fig. 2와 같은 발포방식과 Fig. 3과 같은 스프레이방식으로 구분할 수 있다.

Fig. 2의 발포식 Flux 조에서는 침지된 다공질의 파이프에 공기를 불어 넣어 작은 기포를 발생시켜 도포하는 방식으로 현재 가장 많이 사용하고 있다. 이는 직접 대기에 노출되어 있어 공기중의 수분을 많이 흡수하게 된다. 특히 Rosin계의 경우 Flux중의 IPA(Isopropyl Alcohol)를 함유하고 있어 용제의 증발이 쉽고 수분의 증가가 가중되므로 납땜불량의 원인이 된다.

Fig. 3은 스프레이 Flux 도포 방식으로 압축공기를 이용하여 연속 또는 순차적으로 Flux를 분사하여 도포하므로 근래 무세정 Flux에 많이 사용하고 있다. 이 방식은 피막두께 제어가 용이하고, 높은 고형분의 Flux를 얇고 고르게 도포할 수 있으며, 저잔사 Flux에 적

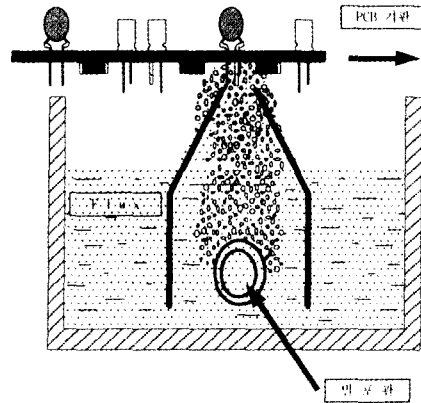


Fig. 2. Flux application of form type.

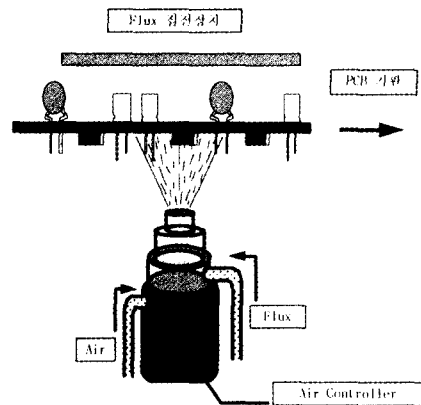


Fig. 3. Flux application of spray type.

합하다. Flux의 도포를 항상 일정한 두께로 재현이 가능하기 때문에 브릿지 및 젖음불량을 방지할 수 있다. 또한, 밀폐된 용기에 보관되어 있기 때문에 용제의 증발 및 수분의 혼입을 막을 수 있어서 작업공수면에서 경제성이 있으나 발포방식의 Soldering Machine에 설치할 경우 추가 비용이 많이 소요되고, 공간을 많이 차지하는 단점이 있다. Fig. 1의 ② Pre-Heater의 목적은 Flux 중에 함유하고 있는 용제 및 수분을 증발시키고, Flux의 활성력을 증가시켜 납땜을 잘되게 하기 위함이다. Flux중에 함유하고 있는 용제 및 소량의 수분을 완전히 증발시키지 않을 경우 납땜시 납조 위에서 건조됨과 동시에 용제 및 수분의 증발열에 의해 납조의 표면온도가 급격히 냉각되어 냉납등의 불량이 발생한다. 최적의 예열온도는 기판에 따라 다소 차이는 있으나, 부품측에 대한 온도를 90~110°C로 관리하는 것이 중요하다. 그러나 기존 Flux의 주용제인 이소프로필알콜의 인화점이 11°C로 정전기에 의한 스파크, 전기과열 등으로 인해 화재 발생가능성이 매우 높은 부분이다.

Fig. 1의 ③은 Double Wave방식으로 1차 Wave는 수직 방향으로 용융 Solder를 분출하는 형태이고, 전체적으로 부품의 전극부의 PCB Land부에 용융 Solder를 고르게 도포하는데 목적이 있으며, 2차 Wave는 수평방향으로 Fillet 형상의 집합 모양을 조절하는데 사용된다.

### 3. Flux의 조성

Flux의 조성은 크게 로진과 용제로 구성되어 있다. 로진은 납땜하고자 하는 금속표면에 산화피막을 제거하는 동시에, 납땜에 대한 표면장력을 감소시키고, 용접을 저하시키며 금속표면의 재산화를 방지하는 역할을 하는 고형성분으로써 화재나 환경적으로 문제점이 적게 나타난다. 그러나 안정제, 비점조절제를 포함하고 있는 용제는 Flux의 특성을 크게 다르게 한다. 플럭스 용제는 수계와 비수계로 구분되며, 비수계는 알콜계, 탄화수소계, 염소계로 구분한다. 이 중 가장 환경친화적이고 안전성이 있는 용제로는 수계이나 로진의 종류에 따라 불용성이 있고, 발포식 플럭스를 적용할 경우 도포후 기포가 잔존하는 문제와 표면장력이 커져 젖음성이 저하되어 기판 등에 균일하게 도포되지 않는 문제가 발생하여 수계는 적합하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 용해성, 젖음성 및 신뢰성이 우수하고, 용제개발에 가장 부합되는 물질로써 염소계 용제인 디클로로프로판(Dichloropropane)을 선택하였다. 주용제의 디클로로프로판 중 염소가 단독으로 존재할 경

우 금속을 부식시킬 뿐만 아니라 독성물질로 작용하기 때문에 탄소-염소 사슬이 끊어지는 것을 방지하고 플럭스 도포후 건조속도를 고려하여 안정제 및 비점조절제를 소량 첨가하였다.

## 4. 대체 Flux의 시험 및 결과

### 4.1 절연저항 시험

Flux의 전기적 특성에 대한 영향력을 파악하고자 하는 시험으로 고온, 고습의 조건에서 FLUX잔사의 절연저항을 시험하여 신뢰 특성을 평가하기 위함이다. 시험시 절연저항 시험용인 빗형적극II형의 기관을 연마한 후 알콜등으로 깨끗이 세척한 다음, 기관에 FLUX를 고르게 도포한다. 이를 100°C에서 30분간 건조시킨 후 상온 상태에서 DC 100V로 전압을 인가하여 초기 절연저항을 측정한다. 이때 온도는 40±2°C, 상대습도는 90~95%에서 항온항습조에 넣고 96시간 후의 절연저항 값을 측정하여 Table 1과 같이 각 시험조건에서 절연저항값이 1.0×10<sup>12</sup>Ω이상시 합격으로 하였다. Table 1에서 기관상태의 절연저항값은 맨 처음의 값이며 초기치는 30분간 건조시킨 경우의 값으로 96시간이 지나도 절연저항값이 크게 변화하지 않아 매우 안정적인 값을 알 수 있다.

### 4.2 부식성 시험

이 시험은 Soldering후 Flux잔사 성분이 일으킬 수 있는 부식의 유·무를 알아보기 위한 시험으로 고온, 고습 조건하에서 납땜부의 부식 특성을 평가한다. 시험시 산화피막이 제거된 동판에 Solder를 올려놓고 Solder중심부에 Flux를 약 0.1g 도포한 다음 온도가 250°C인 납조에 침적시켜 5초간 Soldering한 다음 초기의 동판에 변색 또는 부식 발생이 있는지의 여부를

Table 1. Result of insulation resistance

SPL NO	기관상태 절연저항값(W)	초기치(W)	96시간후 (W)	판정
SPL NO. 1	3.0×10 <sup>13</sup>	1.5×10 <sup>13</sup>	5.3×10 <sup>12</sup>	OK
	1.3×10 <sup>13</sup>	5.8×10 <sup>13</sup>	6.9×10 <sup>12</sup>	
	1.4×10 <sup>13</sup>	1.1×10 <sup>14</sup>	6.0×10 <sup>12</sup>	
	7.0×10 <sup>12</sup>	3.6×10 <sup>12</sup>	1.5×10 <sup>12</sup>	
SPL NO. 2	6.4×10 <sup>13</sup>	2.9×10 <sup>12</sup>	5.0×10 <sup>12</sup>	OK
	6.2×10 <sup>13</sup>	1.6×10 <sup>12</sup>	3.2×10 <sup>12</sup>	
	6.5×10 <sup>13</sup>	2.6×10 <sup>12</sup>	6.1×10 <sup>12</sup>	
	7.8×10 <sup>13</sup>	1.2×10 <sup>14</sup>	4.9×10 <sup>12</sup>	

확인한다. 이때 온도는  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ , 상대습도는 90~95%에서 항온항습조에 넣고 96시간 후 동판의 표면상태를 현미경으로 관찰하여 시편의 변색 또는 부식 발생의 유·무를 확인하여 합격여부를 판정한다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 기존 Flux는 청록현상이 가끔 발생하였으나 대체 Flux는 청록현상 및 부식현상이 전혀 발생하지 않았다. Fig. 4의 (a)와 (b)의 모양이 다른 것은 납조의 침적시간 차이로 생각된다.

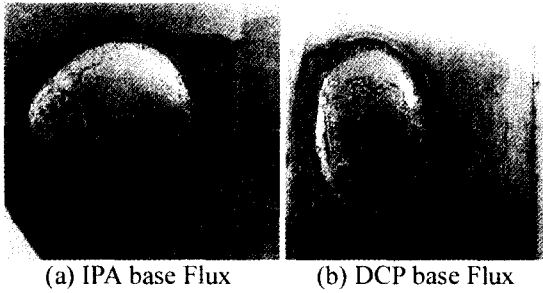


Fig. 4. Corrosion test.

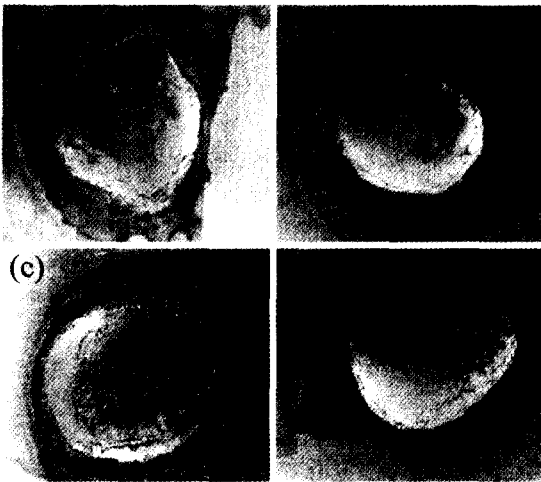


Fig. 5. Spread test.

### 4.3 퍼짐성 시험

이 시험은 Flux의 작업성을 평가하기 위한 시험으로 부품 및 기판등에 Soldering시 Flux의 활성력에 의한 Solder의 젖음력 및 퍼짐정도를 확인하기 위한 것이다. 시험시 동판표면을 연마한 후 알콜등으로 깨끗이 닦은 다음 산화피막처리를 하고, 동판의 두께를 마이크로미터로 측정한다. 이때 동판 중심부에 Solder 무게를 측정하여 올려놓고 그 위에 Flux로 약 0.05 g(약 3방울)을 도포한 다음  $250^\circ\text{C}$ 의 납조 위에 올려놓고 30초간 가열시킨다. 이때 온도는 상온으로 냉각한 후 Flux 등을 깨끗이 제거하고 두께를 측정하여 식(1)로 계산하였을 경우 퍼짐성이 85%이상이면 합격으로 하였다.

$$\text{퍼짐성(\%)} = \frac{(D - H)}{D} \times 100 \quad (1)$$

H: 퍼진 뿔납의 높이(mm)

D: 뿔납을 구(球)로 보았을 때의 지름(mm)

$$D = 1.24 \times V^{1/3}$$

V: 무게/비중(Sn60:8.5, Sn63:8.4)

Fig. 5는 퍼짐성을 나타낸 것으로 (a)와 (b)는 Solder 두께 0.5 mm의 시편일 경우로 퍼짐율이 87%로 나타났다. (c)와 (d)는 Solder 두께가 0.6 mm의 시편일 경우로 퍼짐율이 85%로 나타나 Solder 두께가 작을수록 퍼짐율이 양호함을 알 수 있으므로 개발 Flux의 퍼짐율이 모두 합격선 이상임을 확인하였다.

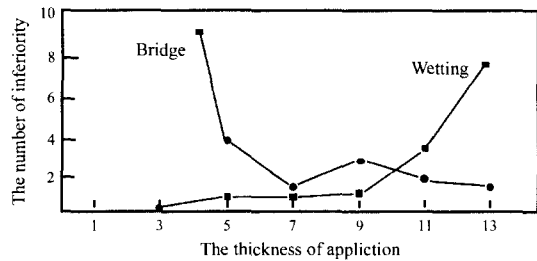


Fig. 6. A test of IPA flux application.

Table 2. Result of spread test

SPEC	SPL NO	시험결과				판정
		SOLDER무게	동판두께	SOLDER두께	퍼짐율	
퍼짐율 84% ↑	(a)	0.314 g	0.304 mm	0.537 mm	87.0	OK
	(b)	0.314 g	0.304 mm	0.524 mm	87.3	OK
	(c)	0.314 g	0.304 mm	0.620 mm	85.0	OK
	(d)	0.314 g	0.304 mm	0.604 mm	84.5	OK

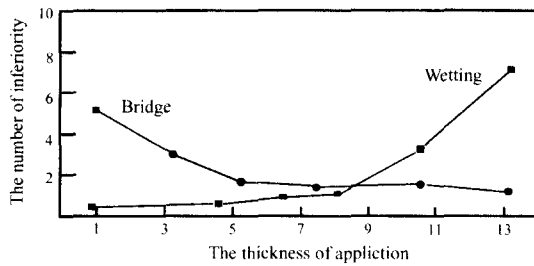


Fig. 7. A test of DCP flux application.

4.4 Flux 도포량에 따른 불량 시험

Fig. 6,7은 기존 IPA용제 Flux와 개발한 DCP용제 Flux 도포량에 따른 납땜불량과의 관계를 나타낸 것이다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 IPA용제 Flux 사용시 브릿지 불량이 발생하는 도포량 두께가 5mm미만에서 급격히 증가하고, 5mm이상에서 불량수가 감소함을 알 수 있고, 젖음 불량은 11mm이상에서 급격히 증가하고 있다. 따라서 IPA용제 Flux 도포량의 적정 두께범위는 5-11mm임을 알 수 있다.

Fig. 7에 나타난 바와 같이 DCP용제 Flux 사용시 브릿지 불량은 도포량 두께가 2mm미만에서 발생하고, 젖음불량은 11mm이상에서 발생하고, DCP용제 Flux 도포량의 적정 두께범위는 3-11mm임을 알 수 있다. 이는 IPA용제 Flux에 비해 DCP용제 Flux가 도포량 두께에 따른 불량발생수가 적다는 것을 나타낸다.

4.5 제품 신뢰성 시험

Table 3은 개발한 DCP용제 Flux로 Turner 제품에 적용하여 시험한 것을 나타낸 것으로 열충격시험과 증기가압시험은 기존 IPA용제 Flux를 사용하였을 경우와 차이가 없었을 뿐만 아니라 염수분무시험이나 고온고습부하시험에서도 기존품과 별 차이가 없어 개발품 사

용이 유용함을 알 수 있다.

5. 결 론

전자산업에서 인쇄회로기판등의 납땜은 필수적인 공정이다. 이 공정에서 인쇄회로기판의 오염물질 제거는 물론 납땜시 표면장력을 감소시켜야 확산성이 높고 젖음성을 감소시킬 수 있다. 기존 IPA용제 Flux는 90-110°C에서 작업해야 하고, IPA는 인화성 및 폭발성이 강해 화재 위험이 대단히 높다. 따라서 이제까지 사용하고 있던 IPA용제 Flux의 단점을 개선한 새로운 DCP용제 Flux를 개발한 것이다. 그 결과 작업환경허용농도가 기존 200ppm에서 470ppm까지 높게 할 수 있었으며 납땜불량율은 0.083%에서 0%로 나타나 Flux의 우수성을 입증하였다. 아울러 절연저항은  $1.0 \times 10^{12} \Omega$ 에서  $6.9 \times 10^{12} \Omega$ 으로 향상되어 매우 우수함을 보였으며 납땜시 부품과의 연계성인 퍼짐성이 85%에서 87%로 향상되어 납땜성이 향상되었다. 그러면서도 Flux 도포량에 따른 불량율이 감소하고 작업공수가 적어 경제성이 매우 큼을 확인하였다. 또한, 완제품에 대한 신뢰성시험 결과 기존의 IPA용제 Flux와 거의 차이가 없어 그 유용성이 입증되었으며 DCP Flux 물질 개발 완료를 계기로 전기·전자업종에서 고민중인 IPA로 인한 화재위험성을 완전히 해결하는 동시에 품질, 생산성에도 크게 기여할 수 있음을 확인하였다. 아울러 국내외 전자산업의 전 제조공정에 필수적으로 사용하여 개발 Flux가 화재위험성이 낮으며, 휘발성유기화합물질이 아니라는 점에 착안하여 특허를 출원하였고, 지적재산 보호까지 받을 수 있어 국제 경쟁력도 배가 될 수 있다. 앞으로 발포방식의 Flux 도포방법보다 스프레이방법의 Flux 도포방식에 적용한다면 그 효과는 극대화 될 것이며 그 효용성이나 납땜공정에서의 정확한

Table 3. Result of product reliability test

항목	시험목적	시험조건	결과	판정
열충격시험	· 부품 또는 동박면과 납땜의 결합성을 평가하기 위함	· -40→110°C(2hr), 50cycle	· 기존품과 차이 없음 · Solder 크랙 발생 없음	OK
증기가압시험	· 고온고습부하 시험보다 가혹조건에서 제품 결합여부 평가	· 121°C/100%습도 전원ON/OFF, 30hr	· 기존품과 차이 없음 · 염상반응 없음 · 이온 migration 협상 없음	OK
염수분무시험	· Flux용제에 의한 제품의 부식성 유무 확인	· 염수농도 5%, 8hr(분무)/ 16hr방치, 3cycle	· 부식현상 없음	OK
고온고습부하	· 제품 Pattern간에 화학적 변화로 인한 제품 결합여부 확인	· 85°C/85%습도 전원 ON, 168hr	· 쇼트(염상반응) 현상 없음 · 이온 migration 협상 없음	OK

화재위험도 감소에 대한 실증 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. 김문갑, “VOC가 환경에 미치는 영향과 대책”, pp. 11-13(1999)
  2. 과학기술부, 제1회 환경관련연구과제합동발표회, pp 113-127(1999)
  3. 청솔환경, “SOLDERING 기술향상을 위한 화학적 접근 방법”, pp. 2-3(1999)
1. 김문갑, “VOC가 환경에 미치는 영향과 대책”, pp. 11-