

# 항공기 야시조명계통 데칼패널 개발

## The Development of Decal Panel for Night Vision Imaging System of Aircraft

권 종 광\*  
Kwon, Jong Kwang

### ABSTRACT

A Decal Panel is developed for the Night Vision Imaging System of XKO-1 aircraft. The Decal Panel is a kind of lighting system kits and is installed on each system switch box in crewstation. The Decal Panel consists of upper panel made of polycarbonate and lower panel which is a printed circuit board. This paper includes the design, manufacture, test and evaluation of Decal Panel in addition to items and conditions of environmental test. Besides it is confirmed the Key for manufacturing a decal panel, is depth of paint, dry time period and frequency, and diffusion material for spreading of light.

주요기술용어 : Night Vision Imaging System(야시조명계통), Decal Panel(데칼 패널)

### 1. 서 론

조종사에게 심리적 안정감과 처리해야 할 일의 양을 감소시켜, 야간 임무 수행 능력을 향상시킬 수 있는 야간투시경(Night Vision Goggle)의 사용이 보편화되고 있다.

야간투시경을 이용하여 항공기를 운용하기 위해서, 기존 항공기에 사용되고 있는 내, 외부 조명계통(Lighting System)의 수정이 요구된다. 이때 야간투시경 운용 전자기 파장대와 조명장비에서 방사되는전자기 에너지 파장대역을 고려하고, 두 장비간 임무

및 상호 호환성을 인지하여 수정되어야 한다.

수정 방법으로는 기존 조명계통 조명원인 램프를 교체하는 방법과 기존 조명원을 사용하면서 필터를 추가하여 야간투시경과 호환되도록 개조하는 방법이 있다.

이와 같이, 야시조명계통(Night Vision Imaging System)을 위하여 수정되는 장비들은 계기들 위에 장착되는 베젤(Bezel), 각 계통 스위치 함(조절기) 위에 장착되는 데칼패널(Decal Panel) 및 경보계통 장비에 장착되는 필터류들로 분류된다. 이와 같은 야시조명계통 장비(Kits)들은 선진 항공기국에서 EL(Export License) 품목으로 선정하여 타국으로의 기술 이전을 금하고 있는 실정이다.

\* 국방과학연구소 연구원

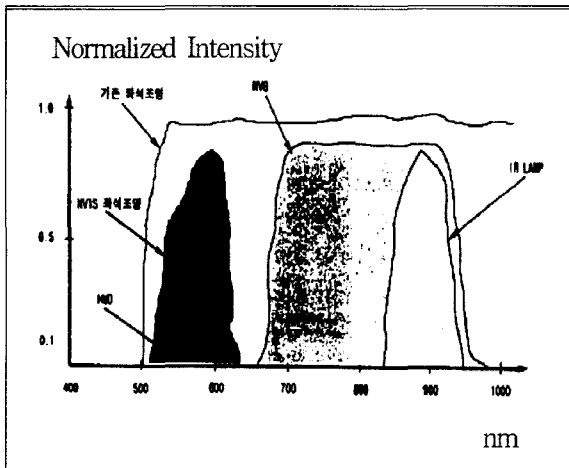
데칼패널은 조종실 내에서 각 계통 스위치 선택 상황을 나타내주는 조명장비이며, 저속통제기(XKO-1) 체계개발 사업을 통하여 국내에서 처음으로 국산화하는데 성공하였다.

본 논문에서는 저속통제기 데칼패널 개발과 관련된 설계, 제작, 시험 및 환경시험에 대하여 기술한다.

## 2. 야시조명계통

야시조명계통은 야간투시경 운용에 적합하도록 조명계통을 수정 및 개조하는 것을 말하며, 야간투시경 및 나안(Naked Eyes)을 적절히 사용하여 운용자가 필요한 정보를 획득하도록 도와주는 것이다.

야간투시경을 운용하는 항공기 조종사는 조종실 내부 시현기 및 계기들을 나안으로 인지하며 항공기 외부 환경 및 지형/지물들을 야간투시경으로 인지한다. 또한, 항공기에 탑재되는 전방시현기(Head Up Display)는 장착위치를 고려하여 야간투시경으로 인



[그림 1] 야시조명계통 장비 전자기 에너지

지할 수 있도록 야간투시경 자체에 특수 필터(Minus-Blue, Notch Filter, 545nm)를 씌워 전방시현기 심볼(Symbology)들을 볼 수 있게 한다.

항공기 조명장비 방사 및 야간투시경 운용 전자기 에너지를 그림 1에 나타내었다.

기존 좌석조명은 가시광선 영역(400~700nm) 및 적외선 영역의 전자기 에너지를 모두 방사한다. 이것은 야간투시경 운용 전자기 에너지 파장대역과 중복되기 때문에 달빛, 별빛 등에 반사되는 미세한 에너지를 증폭하여 항공기 외부조건을 인지하는 것을 불가능하게 한다. 이것은 기존 좌석조명원에서 방사되는 야간투시경 운용 대역의 전자기 에너지가 영향을 주어 외부정보를 획득하기 어렵게 만들기 때문이다. 이 기존 좌석 조명 전자기 에너지 파장대역을 야간투시경 운용 대역과 겹치지 않게 필터를 사용하여 전자기 에너지를 여과시킨다.

기존 좌석조명의 전자기 에너지를 야간투시경과 호환되도록(Compatible) 하기 위해 사용되는 필터들은 두께 및 색도(Chromaticity)성을 고려하여 선택하여야 한다. 이는 개발하고자 하는 데칼패널을 제외한 기타 야시조명장비들(계기 판독용 베젤, 경보계통용 필터류 등)과의 정확한 색도성을 맞추기 위함이다.

## 3. 데칼패널 개발 규격

데칼패널 제작 및 시험에 관련된 규격은 미 군사규격 MIL-P-7788F(SAE AS 7788)<sup>[1]</sup>에 규정되어 있고 이를 수정/응용하여 저속통제기에 적용하였으며 저속통제기에 사용된 데칼패널 제작규격 및 시험/평가 규격을 표 1과 표 2에 나타내었다.

[표 1] 저속통제기 데칼 패널 제작 규격

순번	분 류	규 격	내 용
1	Panel thickness	SAE AS7788 3.4.2	• 0.253inch(6.426mm) 초과 허용 안됨
2	Printed circuit board (PCB)	SAE AS7788 3.4.3.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 코팅은 램프의 유리 봉합라인(envelope)를 제외한 노출된 모든 금속 부분에 적용하여야 함</li> <li>• 도체는 코팅 전 불순물이 없어야 한다.</li> <li>• PCB는 불투명 검정색이어야 하며 테두리 부분에는 누광이 없어야 한다.</li> </ul>
3	Incandescent lamp circuit	SAE AS7788 3.4.3.4.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가능하면, 28VDC 전원에서는 밝기 유지를 최대화 하기 위해서 5V 램프를 직-병렬 연결 혼합형을 사용하여야 한다.</li> </ul>
4	Electrical connectors	SAE AS7788 3.4.3.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MS90335-8 plug assembly 사용</li> <li>• 커넥터 장착은 PCB 안쪽에서 마감처리를 하여야 한다.</li> </ul>
5	Connector location	SAE AS7788 3.4.3.5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기 커넥터 위 패널 상판부위에 백색, 비휘광성 '+' 표시를 하여야 한다.</li> </ul>
6	Mounting	SAE AS7788 3.4.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 손잡이(knob) 및 램프 불잡이(lampholder)를 제외하고는 패널의 장착 및 탈거가 용이하여야 한다.</li> </ul>
7	Grommets	SAE AS7788 3.4.5.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MS3498 Type 사용</li> </ul>
8	Fasteners	SAE AS7788 3.4.5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6-32 machine screw 사용</li> </ul>
9	Silicon Rubber		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 램프 주위의 누광을 차단용</li> </ul>
10	Filter	MIL-STD-3009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 색도 좌표 Green A를 만족하는 필터를 사용하여야 한다.</li> </ul>
11	Color of finishes	SAE AS7788 3.7.2.1 FED-STD-595	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 검정색(색깔번호 : 37038)</li> <li>• 백색(색깔번호 : 37875/37925)</li> <li>• 노랑색(색깔번호 : 33538)</li> </ul>

[표 2] 저속통제기 데칼패널 시험/평가 규격

순번	분 류	규 격	내 용
1	Physical inspection & Indurance		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도면 및 저항성 확인</li> </ul>
2	Circuit continuity	SAE AS7788 3.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 램프 정상 확인</li> </ul>
3	Insulation resistance	F-16 전기배선 장착 지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PCB 커넥터 단자와 상판과의 저항이 10 MΩ 이상</li> </ul>
5	Contrast	SAE AS7788 3.8.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최소 9이상</li> </ul>
6	Luminance of markings	SAE AS7788 3.8.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>1.0 \pm 0.5 f L (@ 28.0 \pm 0.1 VDC)</math></li> </ul>
7	Color of light	SAE AS7788 3.9 MIL-STD-3009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NVIS Green A (@ 0.1fL)</li> </ul>
8	NVIS radiance	SAE AS7788 3.10 MIL-STD-3009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>1.7 \times 10^{-10} (@ 28.0 \pm 0.1 VDC)</math></li> </ul>
9	Light leakage	SAE AS7788 3.11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 패널 앞/뒤/좌/우측 누광이 없어야 함</li> </ul>
10	Gloss	SAE AS7788 3.12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 units 이하</li> </ul>

제작이 완료된 데칼패널은 성능 입증을 위하여 휘도(Luminance), 색도(Chromaticity), 대조(Contrast), 균광성(Uniformity), NR(NVIS Radiance), 누광(Light Leakage), 광택도(Gloss), 절연성(Resistance Insulation), 회로연속성(Circuit Continuity), 저항성(Indurance) 및 기타 시험을 수행하였다. 이 시험항목들은 표 1 및 표 2에서 명시된 개발 규격을 토대로 작성되었으며 관련 시험 성적서 양식은 표 3과 같다.

데칼패널에 사용된 조명원은 백열램프로써 색온도(Color Temperature)는 1,600~2,400K이며 청색 파장대역에서 적색 파장대역까지 약 8%의 전자기 에너지를 방사한다. 나머지 92%는 적외선 성분이며 이 성분을 적절히 차단하여 개발규격에서 요구한 NR 및 색도값에 충족되어야 한다<sup>[2]</sup>.

밝기 조절과 Dimming 전압과의 관계는 식 (1)에서

나타내었으며, 백열램프를 Dimming 했을 때 스펙트럼 천이가 장파장 쪽으로 이루어지기 때문에 필터의 투과특성(Transmission Characteristic)과 NR 값의 영향을 고려하여야 한다. 또한, 색도 측정 시 최소 밝

[표 3] 저속통제기 데칼패널 시험성적서

Part Number			Page	1 of 2
Serial Number(SN)			Date	
Part Name			Tester	
			Temperature	°C
Test Equipments			Pressure	in Hg
			R.H.	%
Test Equipments	Luminance Meter(LS-110) Chromaticity Meter(CS-100A) Inspection Scope NVIS-103 Microgloss, Ohm Meter DMM, Digital Camera			
Test Items	Spec. • SAE AS7788 • MIL-STD-3009	Results	Pass	Fail
Luminance	1.0±0.5fL	휘도(fL)	lab. lighting off	
Point 1 :	Character :	1 : 2 : 3 : AVG :		
Point 2 :	Character :	1 : 2 : 3 : AVG :		
Point 3 :	Character :	1 : 2 : 3 : AVG :		
Chromaticity	NVIS Green A u' : .088 / v' : .543 r : .037	$R' = (u'_m - .088)^2 + (v'_m - .542)^2$ $\leq (.037)^2 = 0.001369$		
Point 1 :	Character : (@ 0.1fL)	x		
		u'_m		
		y		
		v'_m		
		R'		
Point 2 :	Character : (@ 0.1fL)	x		
		u'_m		
		y		
		v'_m		
		R'		

[표 3] 저속통제기 데칼패널 시험성적서(계속)

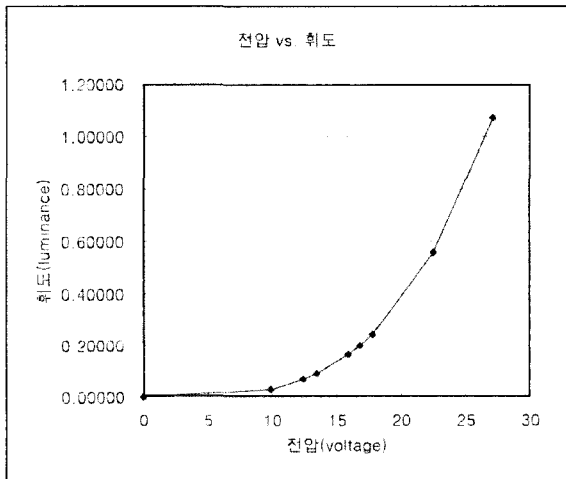
Part Number(SN)			Page	2 of 2
Test Items	Spec. • SAE AS7788 • MIL-STD-3009	Results	Pass	Fail
Contrast	≥ 9	Contrast = (AVG.-Bg)/Bg Bg : Background	lab. lighting on	
Point 1 :	Character :	character : Bg : Contrast :		
Point 2 :	Character :	character : Bg : Contrast :		
Uniformity	균광성 확인			
NVIS Radiance	≤ 1.7×10 <sup>-10</sup> NR <sub>g</sub>			
Light Leakage (NVG-103)	누광 확인 (앞/뒤/좌/우)			
Gloss	units ≤ 5			
Insulation Resistance	10MΩ 이상 (전원단자-데칼패널)			
Circuit Continuity (Uniformity)	each lamp is illuminated			
Miscellaneous - Physical - Hardware - Component - Marking/Legend	Indurance Dimension(DWG) MS3498-1 90335 type connector 외형확인			
Accepted by	Comments :			
	소속 :		성명 :	
Approved by	(서명)			
	소속 :		성명 :	
Verified by	(서명)			
	소속 :		성명 :	

기 레벨인 0.1fL에서 색도값을 측정하는 것은 가장 장파장일 때 즉, 제약조건이 가장 나쁠 때 측정하여 제작품의 신뢰를 주는 것이다.<sup>[2][3]</sup>

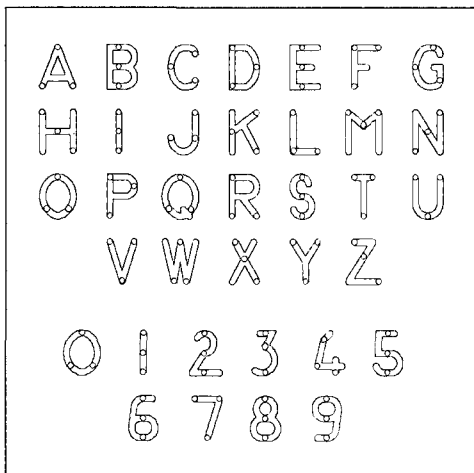
$$DLO = RLO \times (DV/RV)^{3.5} \quad (1)$$

여기서, DLO는 Dimming된 방사 조도, RLO는 최

대 전원 인가시 방사 조도, DV는 Dimming 된 전압, 그리고 RV 인가 전압이다. 전압과 휘도와 관계는 그림 2에 나타내었으며 개발 규격서에서 제시된 휘도 0.1fL 이상 요구시 전압은 13.5VDC(rated voltage 28VDC의 경우, 저속통제기)를 필요로 한다. 즉, 인가 전압이 13.5VDC 이상이 되어야 최소 규격치를 만족하는 것이다.



[그림 2] 전압과 휘도와의 관계 (rated voltage 28VDC 경우)



[그림 3] 휘도 측정 포인트

데칼패널 휘도 측정 시 상판 레전드 문자들 중 균 광성을 고려하여 대각선 방향으로 3개 문자를 선택하고 각 문자 당 3 포인트를 측정한 후 산술적 평균으로 그 값을 기록하였다. 문자 및 숫자 당 측정하는 포인트는 그림 3에 나타내었다.

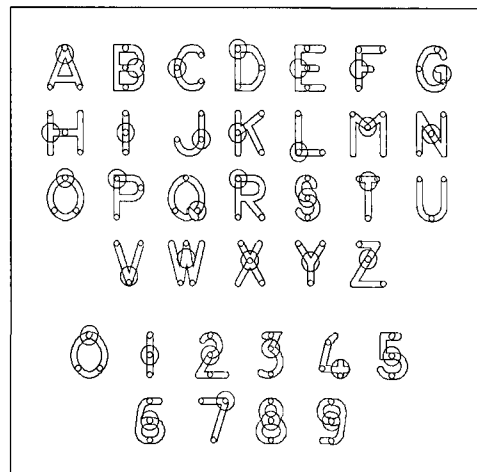
데칼패널 색도 측정시 1931 CIE(Commission Internationale de l'Eclairage) 좌표계에 의해 x, y 좌표값이 측정되며 이 값은 식 (2)와 식 (3)에 의해 1976 UCS(Uniform Chromaticity Scale) 좌표계로 변환된다.

$$u' = 4x/(-2x+12y+3) \quad (2)$$

$$v' = 9y/(-2x+12y+3) \quad (3)$$

색도 측정 포인트는 대각선 방향으로 2개 문자를 선택하여 측정하였으며 그림 4에 측정 포인트를 나타내었다.

NR 값은 야간투시경 운용 스펙트럼 대역과 데칼패널의 스펙트럼 대역과의 곱으로서 그 값이 어느 일정



[그림 4] 색도 측정 포인트

값( $1.7 \times 10^{-10}$ )보다 크게 되면 야간투시경 운용에 영향을 주는 것으로, 규정된 값보다 적은 양을 방사하도록 규정된다. NR 값이 크면 적외선 성분이 그 만큼 많은 것으로서 야간투시경 운용 파장대와 중복되는 에너지가 많다는 것을 의미한다.

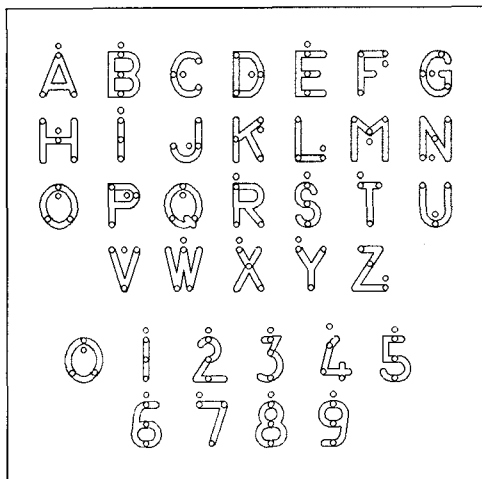
대조값은 레전드(빛이 방사되는곳, 백색)에서 방사되는 빛의 휘도와 그 주위의 배경 판(흑색)과의 빛의 차이를 나타내는 것으로서 계산식은 식 (4)와 같다.

$$\text{Contrast} = (L_1 - L_2) / L_2 \quad (4)$$

여기서  $L_1$ 은 레전드 밝기이며,  $L_2$ 는 흑색 도장된 배경판의 밝기이다. 이 시험은 배경판의 반사도 및 레전드와 배경판과의 빛의 차이를 확인하여 낮은 레전드 밝기에서도 인지 가능하게끔 할 수 있다.

레전드 중 대각선 부분으로 2개 문자를 선택하여 측정하였다. 측정 포인터는 그림 5에 나타내었다.

이상의 표 3에서 규정된 데칼패널 시험절차에 관한 세부 시험방법을 언급하였고, 다음은 제작된 데칼



[그림 5] 대조 측정 포인터

[표 4] 저속통제기 데칼패널 환경시험 규격

순번	항 목	내 용	적용규격
1	고도시험 (altitude)	100,000ft 압력(0.32in Hg)에서 30분 노출	MIL-ST D-202
2	염무시험 (salt fog)	26시간동안 10 cubic feet 상자당 3quarts의 소금 용해액 살포	MIL-ST D-202
3	습도시험 (humidity)	5cycles(240hours)동안 온도 및 습도를 변화시키면서 수행	MIL-ST D-810
4	온도시험 (temperature)	-65℃에서 +85℃까지 반복하면서 5 cycles (10hours) 수행	SAE AS7788

패널의 신뢰성을 높이기 위하여 실시된 환경시험 내용이다.

환경시험 적용 규격은 표 4에 나타내었다.

고도시험은 줄어든 압력에서 낮게 절연된 공기의 세기와 다른 절연 재료들로 인한 유전체 저항 전압 (Dielectric-Withstanding-Voltage) 오류를 피할 수 있는 능력을 입증하는 것으로 회로연속성 및 절연성 검증에 필요한 항목이다.

염무시험은 데칼패널의 외형 도장 영향성과 부식여부 능력을 입증하는 것으로 휘도, 색도, 대조, 균광성, 광택도 및 저항성 검증에 필요한 항목이다.

습도시험은 데칼패널의 습도 저항성을 입증하는 것으로 휘도, 대조, 광택도, 절연성 및 저항성에 필요한 항목이다.

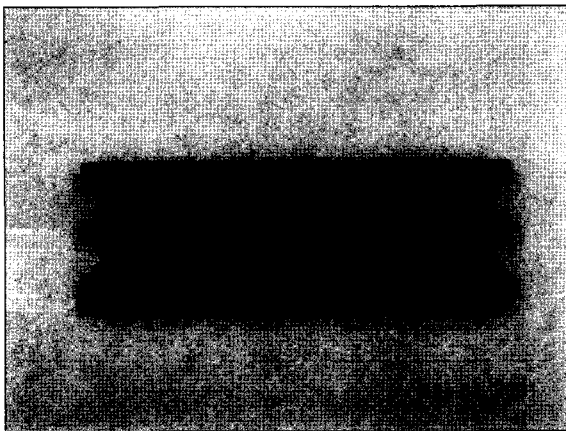
온도시험은 온도영향에 의한 데칼패널의 병렬 (Crazing), 외부 코팅 상태 영향, 변색(Discoloration) 영향성을 확인하는 것으로 대조, 휘도, 균광성에 필요한 항목이다.

#### 4. 데칼패널 개발

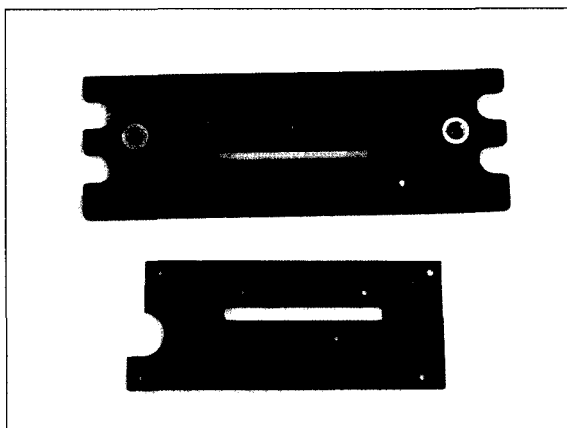
저속통제기에 사용된 야시조명계통 데칼패널을 그림 6에 나타내었다.

##### 4.1. 제작

데칼패널은 상판(그림 6. (b)) 및 PCB(Printed Circuit Board) 조립체인 하판(그림 6. (b) 하단)으로 구성되며, 상판은 폴리카보네이트를 가공하여 여러 번



(a) 전면판



(b) 분해품

[그림 6] 데칼패널

의 도장 뒤 건조시킨 후 레이저 마킹을 통하여 레전드(Legend)를 나타내게 하고 야간투시경과 호환되도록 필터(Ring Filter)를 삽입시켰다. 또한, PCB 조립체에는 전원커넥터, 솔더링된 램프, 누광차단 실리콘 고무 등으로 구성된다. PCB 조립체는 데칼패널 상판 레전드 및 마킹들을 고려하여 램프 위치를 선택하고 휘도 및 균광성을 만족하기 위하여 램프 위치를 선택하였다.

상판은 폴리카보네이트를 Routing 프로그램을 이용하여 가공 후 사포를 사용하여 날카로운 부분을 제거한 후, 이물질 제거를 위하여 고압스프레이로 물세척을 한다. 세척 후, 80℃에서 4시간 열풍 건조를 수행한 뒤 첫 백색도장은 자연건조 4시간, 열풍건조 12시간을 수행한다. 두 번째 백색도장은 자연건조 4시간 및 열풍건조 12시간 후 자연건조를 4일 수행한다. 백색도료 작업이 종료되면 흑색도장작업을 백색도장 순서와 동일하게 수행한다. 건조시간을 엄격히 준수하여야 휘도, 색도 및 균광성을 만족할 수 있다. 이 건조시간은 수차례의 시행착오를 겪으며 얻어진 최적시간이며, 자연건조를 수행치 않고 강제 열풍건조만으로 도료를 건조시켜 백색이 완전히 건조되기 전에 강제 열풍건조를 수행하면 도장 외피표면은 건조가 되지만, 내부는 완전히 건조가 되지 않아 도장작업 종료 후 수행하는 레이저 마킹 작업에서 백색이 레이저에 반응하여 노랑색으로 변질된다. 이것으로 인하여 휘도, 색도 및 균광성에서 문제가 되어 장기간 어려움을 겪었다.

도장작업이 종료되면 레전드 작업인 마킹을 수행하는데 이 작업은 피 시험체(데칼패널)를 정교하게 고정하고 수평선을 정확히 맞추는 것이 중요하다. 만약 정교하게 고정되지 않거나 수평상태로 장착되지 않은 상태에서 레이저 마킹을 수행하면 레전드 폭 및 글자

체가 변형될 수도 있기 때문에 균광성에서 문제가 발생된다.

PCB 조립체는 직-병렬 회로 구성(저속통제기 28VDC 전원, only) 후 레전드 위치 및 외부형상을 고려하여 램프위치를 선정하고 PCB 제작 전 도면 형상을 본 뜬 도안으로 필름을 제작한다.

PCB 틀에 폴리에테르로 제작된 Mesh를 씌운 뒤 감광제인 에멀전을 도포 및 3시간 건조 후, 그 위에 제작된 필름을 얹고 자외선을 이용하여 경화시킨다. 물에 세척 후(빛에 노출된 부분은 물에 세척된다) 2시간 건조시킨다. 여기에 문자 인쇄를 하기위해 PCB를 수동흡착기에 고정시켜 잉크를 먹인 후 Squeeze 장비로 밀어 종료한다. 인쇄 종료된 PCB를 60℃에서 4시간 동안 열풍건조를 시킨 후 램프를 장착한다. 이후, 실리콘 고무로 램프를 밀봉한 후 절연도장을 2회 실시한다.

#### 4.2. 시험/평가

제작된 데칼패널 성능을 입증하기 위하여 개발된 시험성적서 표 3을 참조하여 시험하였다. 시험 장소는 대기 조건 및 조명 조건을 신중히 고려하여 선택해야 하며 온도조건 21℃±3℃, 대기압력 28~32in Hg, 상대습도(Relative Humidity)는 80% 이하여야 한다. 시험항목에 따라 시험장소 조건이 다를 수 있다. 예를 들어, 대조값을 측정할 때는 시험장소 조명을 점등해야 하며, 색도값을 측정하기 위해서는 휘도값이 0.1fL를 지시할 때 측정하여야 한다<sup>[3]</sup>. 그림 7은 데칼패널 측정을 위한 장비의 설치를 보여준다.

데칼패널 각 시험항목을 측정하기 위해서는 측정장비들이 필요하며 휘도값 및 대조를 측정하는 휘도계(Luminance Meter), 색도를 측정하는 색도계(Chromaticity Meter), 누광 및 NR을 측정하는



[그림 7] 데칼패널 측정 장비 설치

NVG-103(Inspection Scope), 패널 상판의 광택(무광/유광)을 측정하는 광택계(Microgloss), 절연성을 측정하는 저항기(Ohm Meter), 회로연속성을 측정하는 디지털 판독기(Digital Multimeter), 저항성을 시험하는 3M 접착제, 균광성 및 기타 항목(외형자료)에 사용되는 촬영기(Digital Camera) 등이다.

이와 같은 시험 장비를 이용하여 수락시험과 환경 시험을 실시한 결과, 제작된 모든 데칼패널이 해당 규격(표 1과 표)을 모두 만족하는 것을 확인할 수 있었다.

#### 5. 성능만족을 위한 데칼패널 제작 시 유의사항

데칼패널 제작 시 가장 중요한 사항으로 도장 두께와 건조시간 준수 및 빛 투과성을 높이기 위해서 폴리 카보네이트 제작 시 확산재를 추가하여야 하는 것이다.

제작 기간을 단축하기 위하여 도장을 한번에 두껍게 칠한 후 강제 열풍 건조 12시간 수행 후, 시험/평가한 데칼 패널의 휘도, 색도 및 대조 값을 표 5에 나타내었다.



[표 5] 도장 두께 및 건조시간 준수하지 않는 데칼패널 측정값

피 시험체 (색도)	X	Y	U'	V'	R'	R	CHROMATICITY
#1	0.350	0.649	0.1388	0.5790	0.0039	0.0014	0.003
	0.306	0.637	0.1220	0.5715	0.0020	0.0014	0.001
#2	0.325	0.525	0.1503	0.5462	0.0039	0.0014	0.003
	0.365	0.536	0.1678	0.5544	0.0065	0.0014	0.005
#3	0.334	0.624	0.1360	0.5719	0.0031	0.0014	0.002
	0.316	0.586	0.1345	0.5611	0.0025	0.0014	0.001
#4	0.310	0.729	0.1114	0.5896	0.0027	0.0014	0.001
	0.346	0.546	0.1562	0.5546	0.0048	0.0014	0.003

피 시험체(휘도/대조)

#1	POINT 1	POINT 2	POINT 3			
	0.51	0.34	0.16	CHARACTER	7.17	6.04
	0.44	0.36	0.11	Bg	0.51	0.42
	0.46	0.42	0.13	CONTRAST	13.06	13.38
LUMINANCE	0.470	0.373	0.133			
#2	POINT 1	POINT 2	POINT 3			
	0.57	0.34	0.19	CHARACTER	5.85	5.2
	0.49	0.34	0.15	Bg	0.43	0.33
	0.50	0.44	0.19	CONTRAST	12.60	14.76
LUMINANCE	0.520	0.373	0.177			
#3	POINT 1	POINT 2	POINT 3			
	0.28	0.24	0.11	CHARACTER	5.36	4.9
	0.33	0.26	0.10	Bg	0.33	0.3
	0.30	0.31	0.11	CONTRAST	15.24	15.33
LUMINANCE	0.303	0.270	0.107			
#4	POINT 1	POINT 2	POINT 3			
	0.12	0.14	0.13	CHARACTER	5.67	5.56
	0.09	0.16	0.16	Bg	0.35	0.23
	0.09	0.13	0.20	CONTRAST	15.20	23.17
LUMINANCE	0.100	0.143	0.163			

표 5에서 사용된 피시험체 4개는 환경시험용으로 제작한 데칼패널이며, 규격서에 명시된 성능을 만족하지 못하고 있다.

표 5에서 보는 바와 같이 색도시험에서 R'로 정의된 값은 측정된 값이고 R은 규정된 값으로 R'-R 값은 '-' 값이 되어야 충족되나 'CHROMATICITY' 항목을 보면 모두 '+'로 되어 규격에 충족되지 못함을 알 수 있다. 휘도는 규격 요구치가 0.5~1.5fL 이나 모두 0.5 fL 이하로 규격 불만족이다. 그러나, 대조시험에서는 9 이상이 되어 규격을 만족하였다.

데칼패널 시험에서 휘도, 색도 및 균광성 항목 만족이 절대적으로 중요하며 이 항목을 만족하는데 집중하여야 한다.

이 문제를 해결하기 위해서는 도장 두께, 도장 횟수 및 건조시간 준수가 필수적이다.

데칼패널 균광성을 높이기 위하여 PCB 램프 위치를 상판 레전드 위치에 적합하도록 설치 해야 하는데, 데칼패널 스위치, 손잡이(Knob), 구멍 등과 같은 외형적인 간섭 때문에 용이하지 않았다. 이것을 해소하기 위하여 폴리카보네이트 재질 자체에 확산재를 첨가하여 문제를 해결할 수 있었다.

확산재 재질로는 규소(SiO<sub>2</sub>)를 사용하였는데 규소의 양은 폴리카보네이트 구성품들 중 0.2X% 가 적당하였다. 이 규소의 양이 증가하게 되면 확산성은 좋아지나, 건조 시 도장에 금이 가는 현상이 발생한다.

또한, 확산재 사용은 낮은 조도에서도 상대적으로 밝게 할 수 있어 저전력, 램프 수량 감소 및 중량 감소로 이어져 데칼패널 설계 시 많은 제약조건과 경쟁력을 갖출 수 있으므로 이 분야의 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이다.

## 6. 결 론

본 논문은 항공기 야간투시경 운용시 요구되는 야

시조명계통 구성품 중 데칼패널 개발에 관련된 설계/제작, 시험/평가 및 환경시험에 관하여 기술하였다. 데칼패널 제작 시 중요항목으로 원 소재인 폴리카보네이트 가공 후 수행되는 백색 및 흑색 도장작업에서 도장회수, 도장 두께 및 건조방법 및 시간을 철저히 준수하여야 하고 원 소재에 확산재를 첨가하여 확산성을 높임으로써 상대적으로 저전력 과 중량 및 램프 수량을 줄여 경제적 이득을 볼 수 있었다. 저속통제기 야시조명계통 데칼패널 개발을 통하여 획득된 개발 규격서 및 시험성적서는 야시조명계통 타 구성품 개발시 개발 지침서 및 기준으로 이용 가능하리라 판단 된다.

## 참 고 문 헌

- [1] SAE AS7788 Panels, Information, Integrally Illuminated, 1999.
- [2] SAE ARP4168 "Night Vision Goggle(NVG) Compatible Light Sources", 1988.
- [3] MIL-STD-3009 Lighting, Aircraft, Night Vision Imaging System(NVIS) Compatible, 2001.
- [4] 이수용, 권종광, "저속통제기(XKO-1) 야시조명계통(NVIS) 데칼 패널 설계/제작 및 시험/평가 지침서", 국방과학연구소, '02. 3.
- [5] 권종광, 홍재영, "저속통제기 야시조명계통 데칼 패널 수락시험 결과", 국방과학연구소, '03. 1.