

< 특별강연 >

고압나트륨 아크튜브의 특성과 개요

이 안 소 (연구실장)
장봉현 · 김우진 · 정창교 · 이재현
(주) 일이산업연구원

1. 머릿말

조명용 인공 광원이 개발된지 100여년이 지
난 현재 고효율 고풍력에 대한 무한한 가능
성을 갖고 있는 High Intensity Discharge L-
amp (고휘도 방전등)의 광원 개발이 활발히
진행중에 있다. HID 광원에는 수은램프, 메탈
할라이드, 나트륨램프 등으로 대표되는 고효율
고출력의 광원을 총칭하는 것으로써 사용도를
보면 도로, 경기장, 광장 등 주로 옥외 조명으로
사용됐으나 현재는 연색성 개선으로 공장,
상점 등 옥내 조명으로도 사용할수 있도록 돼있
다. 특히 효율이 높고 (수은등의 약 2배) 경
제적인 에너지 절약 시대의 광원으로 1960년대
에 개발되어 연색성 개선 및 발광 효율 개선이

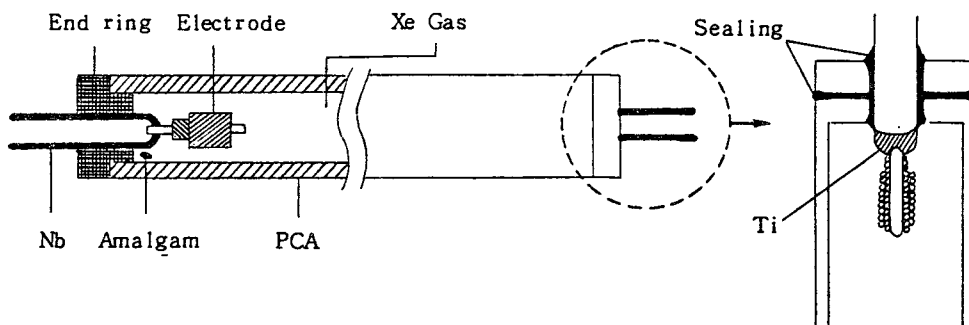
활발히 개발중인 고압나트륨 Arc Tube에 대하
여 기술하고자 한다.

2. 원리 및 구조

1) 원 리

PCA (Poly Crystalline Alumina) Tube
내에 나트륨 아말감과 Xe Gas를 봉입하여 발
광관 내의 나트륨 증기에 의한 가시광선을
이용한 방전이며 Xe Gas는 시동용 Gas로 봉
입되고 수은은 발광관의 전위경도를 높여 나트륨
증기압의 조정 및 재점호 전압을 저하시키는 역
활을 하며 대체적으로 색 온도 2100°K의 나트륨
발광에 의한 광원이다.

2) 구 조



3. 원재료의 특성 및 성분 조건

1) PCA Tube & End ring

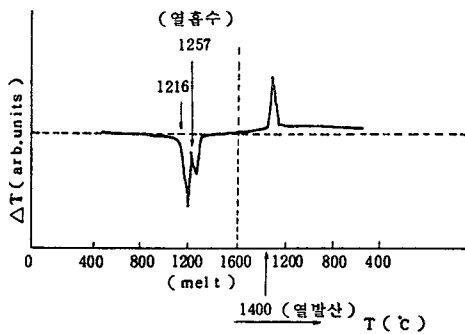
일반적인 성분은 99.9%의 Al_2O_3 와 MgO , SiO_2 , CaO 등으로 구성되어 있으며 구조는 육각의 크리스탈이고 입자의 크기는 $20\mu \sim 40\mu$ 정도이다. 투과율은 96% 이상이 되어야 한다.

2) Sealing 재료

일반적인 성분은 제조 회사별로 특징이 있다.

구분	N	W	G
구 성 비	Mol %	Wt %	Wt %
CaO	51.4	50.3	46.0
Al_2O_3	33.1	42.8	47.7
MgO	9.5	0	6.3
BaO	4.2	0	0
B_2O_3	1.8	0	0
SiO_2	0	6.9	0
계	100	100	100

온도 분석



3) 전극 & 에미션 재료

순수 Tungsten을 사용, 에미션을 도포하여 전극과의 열 전자 방출을 시킨다.

전극에 따른 전류 변화 관계

$$\text{Rod length} : \frac{I \ell a}{L^3} = \text{Constant} \quad (I \ell a - \text{관 전류, } L - \text{Rod length})$$

$$\text{Rod Diameter} : \frac{I \ell a}{d e^{3/2}} = \text{Constant} \quad (I \ell a -$$

관전류, d - Rod Diameter)

Emission 재료는 일반적으로 4가지로 구분되며 ① $Ba_3Y_2WO_6$ ② $Ba_3Y_2M_0O_9$ ③ Ba_2CaWO_6 ④ $Ba_2CaM_0O_6$ 4가지 재료의 특징은 융점 ($1600^\circ C$ 이상)이 높고 Na, Hg, H_2O , $C O_2$ 와 반응하지 않는다.

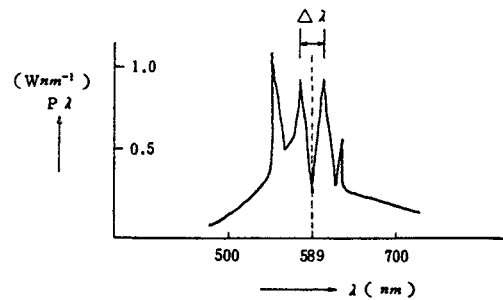
4) Nb Tube & Wire

Tube 또는 Wire를 사용하는 2종류의 type이 있고 성분은 Nb + 1%의 Zr으로 구성되어 있고 열 팽창 계수가 PCA Tube와 유사하다. 성분중 1% Zr의 특성은 Getter 역할을 하여 전극, PCA Sealing 재료에서 나오는 H_2 Gas를 방출시킨다.

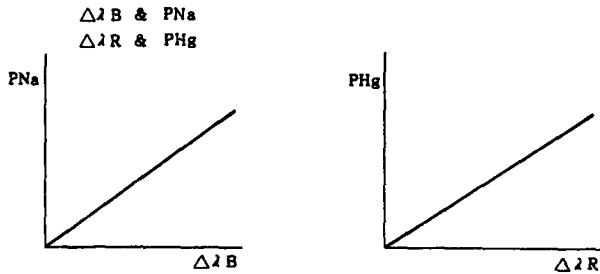
5) Na Amalgam

아말감은 2가지 type으로 Liquid와 pellet으로 구분되고 일반적인 Na의 비율은 16%~28%로 제조 회사별로 차이가 있다.

Arc tube의 발광은 D선 (589 nm)을 중심으로 분광 에너지 분포가 좌우로 $\Delta \lambda$ Blue와 $\Delta \lambda$ Red로 구분되어 있으며 250 W인 경우 Cold spot temp.를 $963^\circ K$ 에서 $1017^\circ K$ 높이면 $\Delta \lambda$ B의 영역이 19.6 nm 에서 40.6 nm 로 증가되어 황백색 (Best color)을 띄게 된다.



Amalgam과 $\Delta\lambda B$ $\Delta\lambda R$ 관계



4. 관전압과 기구 효율에 의한 수명비교

수명이 끝나는 전압 : 150V
 기구# 1 = 10V 전압상승
 기구# 2 = 1V 전압상승
 초기 과전압이 100V이고 수명 진행중
 (1,000 h)인 전압상승을 2V로 가정하면

1) 기구# 1. # 2의 수명 DATA는 다음과 같다.

$$\text{수명} = \frac{\text{수명종료시 과전압} - (\text{초기과전압} + \text{기구 전압 상승치})}{\text{수명진행시간중과전압상승치} / \text{수명진행시간}}$$

$$\text{기구\# 1} = \frac{150 - (100 + 10)}{2V/1000h} = \frac{40}{2} \times 1000 = 20000h$$

$$\text{기구\# 2} = \frac{150 - (100 + 1)}{2} = \frac{49}{2} \times 1000 = 24500h$$

예) 기구# 1 기구# 2



2) 관전압에 의한 수명 DATA는 다음과 같다.

기구 전압 상승치를 1V로 가정하면,

$$\text{관전압 90V Lamp} = \frac{150 - (90 + 1)}{2V/1000} = \frac{59}{2} \times 1000 = 29500h$$

$$\text{관전압 115V Lamp} = \frac{150 - (115 + 1)}{2V/1000} = \frac{34}{2} \times 1000 = 17000h$$

상기 수명 DATA에서 보는 바와 같이 Lamp의 수명은 기구 효율 및 관전압에 따라 관계가 있음을 알수 있다.

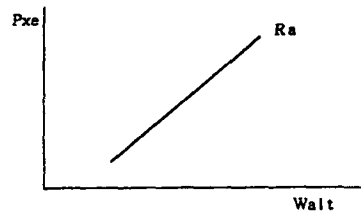
5. 개발 추이

1) Watt 별

$$\left. \begin{matrix} 250W \\ 400W \end{matrix} \right\} 1KW \rightarrow 150W \rightarrow 100W \rightarrow 70W \rightarrow 50W$$

2) 연색정 (Color Rendering Index: Ra)

연색성을 개선하기 위해 PCA Tube의 Dimension을 줄이고 Cold spot temp를 낮게 하고 Pxe 및 Wattage를 상승시켜 개발하는 추세로 Ra와의 관계는 다음과 같다.



Ra를 높이면 Im/w 가 낮아지고 Cold spot temp가 상승하여 수명이 감소된다.

참고 : Ra = 23 ~ 37 → Ra65 개선



탄 타늄

3) 효율 개선

효율 개선은 P_{xe} 압을 20~25 Torr에서 100 ~ 300 Torr로 높이면 효율은 일반적으로 10 ~ 15% 상승 시킬수 있다. Watt 별 일반적인 효율은 다음과 같다.

70 W : 80lm/w, 150 W : 95~100lm/w,
 250 W : 100~105lm/w, 400 W : 120lm/w,
 1 KW : 130lm/w.

참고 : 효율을 개선하기 위해 P_{xe} 을 높이면 start 전압을 상승시켜야 한다.(3~4 KV → 5 ~ 7 KV)

6. 맺음말

지금까지 개발된 인공 광원중 고압 Na Arc Tube 는 장수명, 고효율적이고 경제적인 광원으로 사용되고 있으나 효율 및 연색성 개선등 새로운 분야의 개발이 필요하다. 또한 Arc Tube 와 긴밀한 관계에 있는 외구 조립 기술, 기구, Ballast 등의 개선이 병행되어 이루어지도록 상호 협조 보완 관계가 개선되어야 고압나트륨 램프의 품질 수준이 향상되리라 기대된다.