

지 철 근
 서울대

이 성 진 ○
 서울대

A Study for Optimal filling Condition
 in Outer Enclosure of Metal Halide Lamp

Chee Chol Kon
 Seoul National University

Lee Sung Jin
 Seoul National University

ABSTRACT

The purpose of this paper is to increase the lamp efficacy by filling the optimal Nitrogen gas pressure in the outer enclosure of metal halide lamp.

This study presents a new model of Langmuir in the outer enclosure of discharge lamp.

In this paper, in the first place, the diameter of Langmuir sheath and the total gas loss were calculated.

Secondly, the each gas loss was computed if the arbitrary gas pressure is filled.

With the calculated data, flash over which affects the lamp efficacy, lamp life and color rendering was considered.

In case of the established discharge lamp, the gas pressure has been filled by experience only roughly.

The gas loss is converted into the radiation output. Therefore, the lamp efficacy is improved by reducing the gas loss.

I. 서 론

메탈 할라이드 램프의 발광관과 외관사이에 질소 가스를 봉입하는 목적은 섬락현상과 산화방지에 있다.

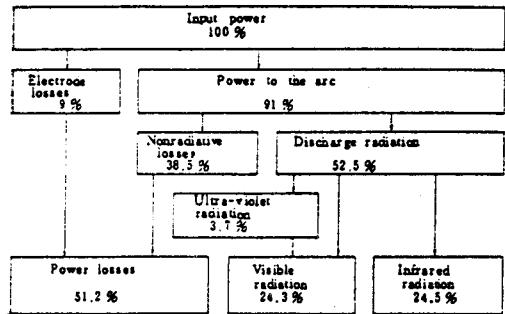
이 때 질소 가스를 봉입하므로써 필연적으로 생기게 되는 열 손실량을 계산함으로써 섬락현상이 일어나지 않는 질소 가스압의 범위에서 열 손실량이 가장 적은 값을 갖게 되는 질소 가스압을 구하기로 한다.

본 논문의 목적은 램프에 전기적 입력을 가할 때 nonradiative losses 중 발광과 외관사이에서의 열 손실량을 줄임으로써 visible light의 형태로 나오는 출력분을 증가시킴으로써 램프의 효율을 증가시키려는데 있다.

II. 본 론

1. 메탈 할라이드 램프의 에너지 분포

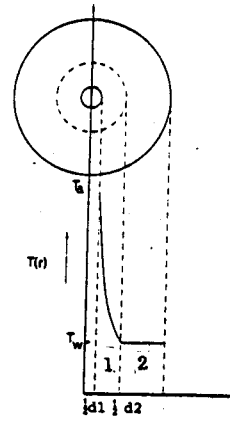
< 표.1 >



2. 메탈 할라이드 램프의 외관에서의 gas loss

2-1. 메탈 할라이드 램프 외관에서의 온도 분포

2-1-1. Langmuir Sheath Model



<그림 1>

Temperature profile

d1:diameter of arc tube
 d2:diameter of Langmuir sheath
 d3:diameter of outer enclosure
 Ta:arc tube temperature
 Tw:out enclosure temperature

Langmuir's assumption

- A. 고온의 발열체 주위의 가스입자들의 velocity는 0으로써 stagnant상태다.
- B. 가스입자들의 viscosity는 온도가 증가할수록 커지기 때문에 발열체주위의 viscosity는 매우 크다.
- C. coefficient of thermal conduction은 발열체 주위의 높은 온도로 인해 외관부위보다 매우 크다.

Langmuir는 고온의 발열체와 외관사이의 total temperature difference는 stagnant sheath에서 이루어진다고 가정했다.

따라서 위에서의 가정과 temperature profile을 전체로 할 때 발광관에 가까운 1 구간에서는 질소 가스가 고온에 의해 가스입자들이 거의 운동을 하지 못하는 stagnant상태서 이때의 열 전달은 pure conduction에 의한다. 반면에 2구간에서는 질소 가스의 활발한 기체운동으로 인해 온도의 변화가 없고 pure convection에 의해 열 전달이 이루어 진다고 할 수 있다.

2-1-2. Temperature distribution curve

램프 외관에서의 가스손을 Q라고 하면

$$Q = - \int \lambda(T) \nabla T \cdot n \, dS$$

$$= -2\pi r l \lambda(T) dT/dr$$

(T)를 평균값을 취하면

$$= -2\pi r l \lambda(T) dT/dr \quad \text{---1)}$$

1)식을 r까지 적분하면

$$Q \times \int_{\frac{d_1}{2}}^r \frac{1}{r} dr = -2\pi l \lambda(T) \int dT$$

$$Q = -2\pi l \lambda(T) / \ln(2r/d_1) \times (T - T_a) \quad \text{---2)}$$

steady state에서 1)=2)

$$r x dT/dr = (T - T_a) / \ln(2r/d_1) \quad \text{---3)}$$

1)식을 $\frac{d_2}{2}$ 까지 적분하면

$$Q \times \int_{\frac{d_1}{2}}^{\frac{d_2}{2}} \frac{1}{r} dr = -2\pi l \lambda(T) \int dT$$

$$Q = -2\pi l \lambda(T) / \ln(d_2/d_1) \times (T_w - T_a) \quad \text{---4)}$$

steady state에서 1)=4)

$$r x dT/dr = (T_w - T_a) / \ln(d_2/d_1) \quad \text{---5)}$$

3)=5)

따라서 temperature distribution curve는

$$T(r) = T_a - (T_a - T_w) \times \ln(2r/d_1) / \ln(d_2/d_1)$$

로 표현된다.

2-2. diameter of Langmuir sheath 결정
 단위 길이당 가스손을 Q라고 하면
 Q는 다음 3가지 식으로 표현된다.
 $Q = \pi d_1 \alpha \theta_w \quad \text{---A)}$
 $= \pi d_2 \lambda(T) w/B \quad \text{---B)}$
 $= 2\pi \lambda(T) / \ln(d_2/d_1) \times \theta_w \quad \text{---C)}$

A)=B)에서

$$\alpha d_1 / \lambda = d_2/B \quad \text{---1)}$$

A)=C)에서

$$\alpha d_1 / \lambda = 2 / \ln(d_2/d_1) \quad \text{---2)}$$

($\alpha d_1 / \lambda$: Nusselt Number)

1)=2)

$$d_2/B = 2 / \ln(d_2/d_1)$$

$$B = d_2/2 \times \ln(d_2/d_1)$$

d2 소거 $d_2 = Nu \times B$

$$Nu = 2 / \ln(Nu \times B/d_1)$$

$$Nu \times \exp(-2/Nu) = d_1/B$$

$$Nu \times \exp(-2/Nu) = c \times (Gr \times Pr)^{1/3}$$

c:vertical operation : 1/8.45

$$B = 8.45 x n^{2/3} / \rho^{2/3} g^{1/3} \theta_w^{1/3} Pr^{1/3}$$

$$d_2/B = 2 x 8.45 x n^{2/3} / \rho^{2/3} g^{1/3} \theta_w^{1/3} Pr^{1/3}$$

Gr:Grashof Number
 Pr:Prandtl Number

g:accelration due to gravity
 n:viscosity of a gas
 :temperature difference
 :mass density of a gas
 :cubic expansion coefficient

Pr: two atomic gas: 0.735 (N2)
 ane atomic gas: 0.667

ρ 는 램프 제작시 봉입 가스 압 Po 로 표시한다.

$$= 2 \times m \times Po \times Teff / (k \times To \times (Ta + Tw))$$

m: 질소 1분자 질량
 To: 램프 제작시 온도

Teff:effective temperature

$$Teff = Vt \times \left[2\pi \int_{\frac{d_1}{2}}^r T(r) dr + l/Tw \right] / (Vt - 0.254 \times d_2 l)$$

Vt:lamp total volume
 l:height of arc tube

2-3. 메탈 할라이드 램프 외관에서의 가스손

$$Q = -2\pi r l \lambda(T) dT/dr$$

$$T(r) = T_a - (T_a - T_w) \times \ln(2r/d_1) / \ln(d_2/d_1)$$

$$Q = 2\pi l \lambda(T) / \ln(d_2/d_1) \times (T_a - T_w)$$

메탈 할라이드 램프 외관의 최적 봉착조건에 관한 연구

coefficient of thermal conduction and viscosity는 다음과 같이 표현된다.

$$\lambda(T) = \frac{D(\lambda)T}{N(\lambda)}$$

$$n(T) = \frac{D(n)T}{N(n)}$$

따라서,

$$Q = 2\pi l \lambda(T) / \ln(d2/d1) \times \frac{D(\lambda)}{N(\lambda)+1} \times \frac{D(n)}{N(n)+1} \times (T_a - T_w)$$

로 나타낼 수 있다.

3. 램프 외관에서의 섬락현상

램프 외관이 고진공일 경우 가스손이 0에 가깝고 섬락현상이 일어나지 않아 이상적이겠으나 발광관의 제질인 fused silica 임자를 부과하는 H2, Na 등 불순물에 의해 섬락이 빈번해지기 때문에 적정치의 질소를 봉입한다.

실제로 0.1 torr에서 100 torr 사이의 질소 가스압에서 수직 접동시 램프의 mount parts에서 일어나는 섬락으로 인해 효율의 감소뿐만 아니라 램프 수명의 단축, 광색의 변화 등 부정적인 결과를 낳게 된다. 따라서 질소 가스압의 범위는 0.1 torr 이하나 100 torr 이상에서 선택해야 한다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 0.1 torr 이하의 가스압에는 소량의 불순물에 의해 오히려 섬락이 일어날 확률이 높아지므로 이 구간은 피해야 한다.

Paschen 법칙에 의하면 섬락이 처음 일어나게 되는 불꽃 전압은 (극간 거리 x 가스압)의 식으로 표현되는데 x속을 p x d 라고 하고 y속을 불꽃 전압 Vs로 할때 가스의 종류에 상관 없이 U자의 형태를 갖는다. 극간 거리는 일정하므로 결국 불꽃 전압은 봉입 가스압에 의해 결정된다.

III. 계산 및 결과

1. 질소 가스압의 변화에 따른 d2 계산치

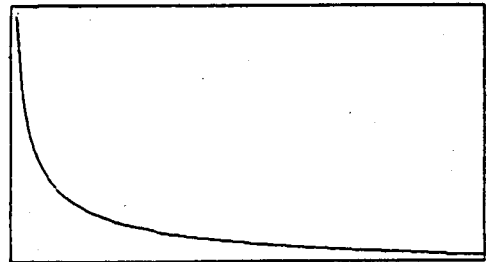
pressure (torr)	d2 (cm)	pressure (torr)	d2 (cm)
10	9.653	200	3.212
20	7.175	250	2.924
30	6.084	300	2.779
40	5.435	350	2.666
50	4.993	400	2.574
60	4.667	450	2.499
70	4.413	500	2.435
80	4.209	550	2.375
90	4.040	600	2.333
100	3.897	650	2.291
110	3.774	700	2.254
120	3.666	760	2.214
130	3.571	800	2.190
140	3.487	900	2.137
150	3.411	1000	2.093

2. 질소 가스압의 변화에 따른 가스손 계산

l = 2.47 (cm)
d2 = 1.38 (cm)

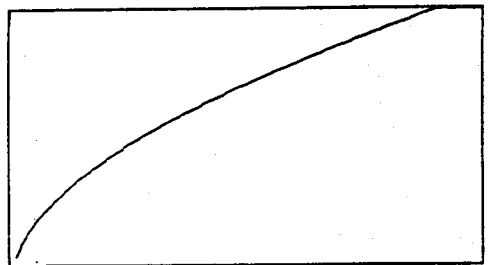
pressure (torr)	Q2 (mW)	pressure (torr)	Q2 (mW)
10	4628	175	9657
20	4968	200	10032
30	5520	250	10950
40	5974	300	11701
50	6368	350	12439
60	6721	400	13134
70	7044	450	13790
80	7344	500	14417
90	7624	550	15018
100	7889	600	15597
110	8141	650	16154
120	8381	700	16696
130	8612	760	17325
140	8834	800	17735
150	9049	900	18721
160	9257	1000	19667

3. 결과 및 검토



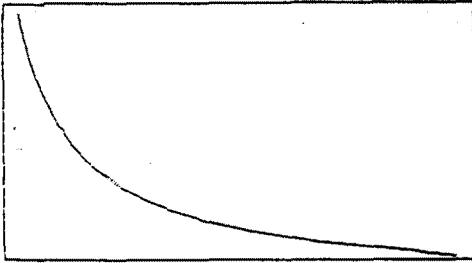
x - axis : gas pressure (torr)
y - axis : Diameter of Langmuir sheath (cm)

<그림 2>



x - axis : gas pressure (torr)
y - axis : total gas loss (mW)

<그림 3>



x - axis : Diameter of Langmuir sheath
y - axis : total gas loss

<그림 4>

IV. 결 론

램프 출력분의 약 38%를 차지하는 nonradiative losses 중 외관에서 가스손이 약 16%정도 차지함을 알 수 있었다. 단순히 경험에 의해 0.5기압의 질소를 봉입하는 대신 본 논문에서 얻은 적정 압력을 사용하는 경우 visible light의 출력분이 약 5.74W 증가함을 알 수 있었다.

V. 참고 문헌

1. Elenbaas, W., Light Sources, pp.33-37, (MacMillan, 1972)
2. Muller, R., Chemic- Ingr. Tech., Vol. 40, 1968, p.344.
3. Coaton, J.R., Lighting Reach and Technology, Vol. 3, No. 2, 1972, p.11.
4. Ronald N.H., Illumination engineering, 1977, p.101.
5. E.C.Martt, L.J.Smialek and A.C.Green, "Vacuum Outer Jacket" I.E.S., January 1964, p.36.
6. W.M.Keeffe, "Recent progress in metal halide discharge lamp reseach" IEE PROC., Vol.127, No.3. April. 1980, pp.64-66.
7. 서 국철과 강 도열, 신편고전압공학 pp.9-11, (동명사, 1980)