

ний выключатель с воздействием на кнопку рычагом, управляемым концом проволоки. Не исключены и другие варианты использования принципа ослабления натяжения прилегающих к колбе проволок.

1. Намитоков К.К., Брезинский В.Г., Суровцев И.Я., Брезинская О.В. Осветительное устройство / Авт. свид. СССР №1251212, Н 01j 61/56, 61/18. БИ №30 от 16.08.86.

2. Брезинский В.Г., Намитоков К.К., Постолюник Н.В., Шпаченко К.С. Защита от ультрафиолетового излучения при разрушении внешней колбы разрядных ламп высокого давления // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.22. – К.: Техника, 2000. – С.204-206.

Получено 10.05.2000

УДК 621.326

Г.М.КОЖУШКО, канд. техн. наук
ВАТ "Полтавський завод газорозрядних ламп"

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВІДБИВАЮЧИХ ПОКРИТТІВ ТА ЕКРАНІВ ДЛЯ ПАЛЬНИКІВ РОЗРЯДНИХ ЛАМП ВИСОКОГО ТИСКУ

Розглядається ефективність утеплюючого впливу різних тепловідбиваючих покриттів для пальників в розрядних ламп високого тиску.

З метою підвищення температури "холодних" областей пальників розрядних ламп високого тиску на них наносять покриття, що відбивають інфрачервоне випромінювання, або застосовують різні екрани [1].

Питання про ефективність вирівнювання температури за рахунок тепловідбиваючих покриттів розглядається в цілому ряді робіт. Одне з перших повідомлень з цього приводу було дане в [2], де оцінюється вплив різноманітних методів утеплення безпосередньо на збільшення випромінювання металогалогенних ламп з добавками йодидів Тl і Na. Встановлено, що утеплення нижнього кінця пальника підвищує загальну світлову віддачу на 5-10%, а випромінювання в області дублета натрію – на 20-25%.

У [3] оцінюються властивості покриттів, необхідних для одержання найбільшого утеплюючого ефекту. В роботі [4] розглянуто завдання теплопередачі через двошарову стінку (кварцове скло, теплоізоляційне покриття), що поглинає помітну частину випромінювання розряду і електроду. Розрахунок приросту температури ΔT показав, що: 1) до товщини порядку 1-2 мм теплоізоляційне покриття практично не впливає на ΔT ; 2) найбільший приріст температури ($\sim 270^\circ$) дає платина, близько 200° – полірований титан і $110-130^\circ$ – покриття з MgO , ZrO_2 , Cr_2O_3 . У жодній з вищезгаданих робіт немає прямих вимі-

рів температури колби під покриттям.

Виходячи з вищенаведеного, було поставлено завдання провести аналіз ефективності дії різних тепловідбиваючих покриттів і екранів, розробити методику вимірювання та провести експериментальні дослідження їх утеплюючого впливу.

Тепловідбиваючим покриттям називаємо шар речовини, нанесений на поверхню пальника, котрий має з поверхнею надійний тепловий контакт, а екраном – поверхню, що частково або повністю охоплює пальник і не має з ним надійного контакту. Теплопередача відбувається шляхом випромінювання і теплопровідності через газ.

Товщина тепловідбиваючого покриття у більшості випадків настільки мала, що перепадом температури в самому шарі можна знехтувати і вважати, що температура покриття співпадає з температурою поверхні, на яку воно нанесене. Для оцінки підвищення температури колби під тепловідбиваючим покриттям запишемо рівняння теплового балансу з такими припущеннями: 1) відсутній перехід тепла уздовж стінки пальника (кварцового скла) і покриття; 2) перепад температури в самому шарі незначний і ним можна знехтувати; 3) питомий тепловий потік крізь стінку колби пальника до покриття q_k і після $q_{кп}$ залишається незмінним. Тоді можна записати:

баланс теплових потоків без покриття

$$q_k = q_T + q_{\text{вип}} \quad (1)$$

з покриттям

$$q_{кп} + q'_{\text{ел}} + q'_p = q_T + q_{\text{вип.п}}, \quad (2)$$

де індекси "п" означають, що відповідна величина відноситься до умов з покриттям; q_T і $q_{\text{вип}}$ – відповідно питомі втрати потужності за рахунок теплопередачі в газ і випромінювання нагрітої поверхні; $q'_{\text{ел}}$ і q'_p – питомі додаткові потужності, що поглинаються покриттям відповідно від електроду і розряду з урахуванням багаторазового відбивання в покритті.

Після того, як розкриємо q_T і $q_{\text{вип}}$, узяті з [1], рівняння (2) набуде такого вигляду:

$$\begin{aligned} Ad^{0,25}(T_k - T_o)^{1,25} + \varepsilon_k \sigma_o (T_k^4 - T_o^4) + q'_{\text{ел}} + q'_p = \\ = A_{\text{п}} d^{-0,25} (T_{кп} - T_o)^{1,25} + \varepsilon_{\text{п}} \sigma_o (T_{кп}^4 - T_o^4), \end{aligned} \quad (3)$$

де σ_0 – постійна Стефана-Больцмана; ϵ_{Π} , $\epsilon_{\text{КВ}}$ – відповідно інтегральні коефіцієнти випромінювання покриття і матеріалу колби пальника при відповідних температурах; $T_{\text{к}}$, T_0 – відповідно температури (в К) випромінюючої поверхні колби пальника і навколишнього середовища; A – коефіцієнт, що мало залежить від різновиду газу, його тиску і розмірів пальника (див. [1]); d – діаметр пальника (екрану) для горизонтального працюючої лампи або висота екрану для вертикального положення.

З цього рівняння треба знайти $\Delta T = T_{\text{кп}} - T_{\text{к}}$ або $T_{\text{кп}} / T_{\text{к}}$. Для попереднього аналізу припустимо: 1) $T_{\text{к}}^4 \geq T_0^4$; 2) $q_{\text{т}} \approx q_{\text{тп}}$. Тоді з рівняння (3) знайдемо:

$$\frac{T_{\text{кп}}}{T_{\text{к}}} \approx \left(\frac{\epsilon_{\text{к}}}{\epsilon_{\Pi}} \right)^{1/4} \cdot \left(1 + \frac{\sum q'}{\epsilon_{\text{КВ}} \sigma_0 T_{\text{к}}^4} \right)^{1/4}, \quad (4)$$

де $\sum q' = q'_{\text{ел}} + q'_{\text{р}}$.

З (4) видно, що утеплюючий ефект покриття тим більший, чим менше ϵ_{Π} у порівнянні з $\epsilon_{\text{к}}$ і більше $\sum q'$. Задовольнити ці вимоги можна за умови використання двошарового покриття, внутрішня сторона якого добре поглинає випромінювання електроду та інфрачервоне випромінювання розряду, а зовнішня сторона має якомога менший ϵ_{Π} порівняно з $\epsilon_{\text{к}}$. Доцільність створення такого двошарового покриття

залежить від значення $\frac{\sum q'}{\epsilon_{\text{КВ}} \sigma_0 T_{\text{к}}^4}$. Чим воно вище, тим більший ефект досягається.

Для аналізу впливу екранів на тепловий режим колби пальника з достатньою точністю можна застосувати модель теплообміну випромінюванням між тілом і його оболонкою для випадку, коли площа оболонки приблизно дорівнює площі випромінюючого тіла. При цьому кутовий коефіцієнт випромінювання $\phi_{1,2} = 1$, а це означає, що вся енергія з тієї частини пальника, яка знаходиться під екраном, потрапляє на екран і можна застосувати співвідношення для плоско-паралельних систем тіл [5]. Для розробки моделей слід прийняти такі припущення:

1) екран має циліндричну симетрію по відношенню до пальника і джерела нагрівання, є достатньо тонким, тому температури його внутрішньої і зовнішньої поверхні приблизно рівні;

2) висота екрану більша за його радіус, тому (для спрощення виразів) не буде враховуватися неповний обмін випромінюванням на краях;

3) екран нагрівається за рахунок поглинання частини випромінювання матеріалу колби, розряду і електроду, що пройшло через колбу, а охолодження – за рахунок власного випромінювання. Теплопередачею через газ нехтуємо (вакуумний варіант).

Щільність потоку результуючого випромінювання через екран q_e при такій моделі може мати вигляд

$$q_e = \varepsilon_{(\text{пр})e} \sigma_0 (T_k^4 - T_0^4), \quad (5)$$

де $\varepsilon_{(\text{пр})e}$ – приведений коефіцієнт випромінювання системи з екраном;

$$\varepsilon_{(\text{пр})e} = \left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{пр}}} + \frac{2}{\varepsilon_e} - 1 \right)^{-1}, \quad (6)$$

ε_e – коефіцієнт теплового випромінювання екрану; $\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт випромінювання системи без екрану;

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_k} + \frac{1}{\varepsilon} - 1}, \quad (7)$$

ε – коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньої колби.

Для випадку, коли $T_0 \ll T_k$ і зовнішня колба суттєво не впливає на тепловий режим пальника, можна записати вираз для системи тіл з плоско-паралельними поверхнями без екранів:

$$q_e = \sigma_0 \varepsilon'_{\text{пр}} (T_k^4 - T_e^4). \quad (8)$$

Тут T_e – температура на поверхні екрану;

$$\varepsilon'_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{\varepsilon_k} + \frac{1}{\varepsilon_e} - 1 \right)^{-1}. \quad (9)$$

Із (6)

$$T_k = \left(\frac{q_e \left(\frac{1}{\varepsilon_k} + \frac{1}{\varepsilon_e} - 1 \right)}{\sigma_0} + T_e^4 \right)^{1/4} \quad (10)$$

Очевидно, що для підвищення температури T_k необхідно вибирати матеріал екрану з мінімальним значенням ε_e .

Аналіз свідчить, що для екранів і тепловідбиваючих покриттів використовуються головним чином два типи матеріалів – метали і оксиди.

Експериментальні дані ефективності екранів та тепловідбиваючих покриттів для пальників металогалогенних ламп

№ п/п	Матеріал відбиваючого покриття (екрану)	Стан поверхні покриття (екрану)	Збільшення температури екранованої частини пальника ΔT , °C	Інтегральний коефіцієнт випромінювання ε *
1	Оксид цирконію	дрібнодисперсний порошок, нанесений із суспензії	130 – 90	0,38
2	Оксид ітрію	“ – “	120 – 90	0,4
3	Оксид алюмінію	“ – “	110	0,5
4	Оксид магнію	“ – “	120 – 80	0,4
5	Оксид хрому	“ – “	80	0,85
6	Оксид кадмію	“ – “	60	
7	Гексаборид лантану	“ – “	70	
8	Нікелева стрічка	полірована	220 – 190	0,1
9	Молібденова стрічка	полірована	200	0,1
10	Молібденова стрічка	окислена при температурі 800 °C на протязі 20 хв.	160	
11	Алюмінієва стрічка	полірована	240	0,06

Чисті поліровані металеві поверхні характеризуються дуже низькими значеннями інтегрального коефіцієнта випромінювання ε . Наприклад, полірований алюміній при температурі 200-600 °C має ε у межах 0,04-0,06. Дані про випромінювальну здатність різних матеріалів наведені в [6-8]. Інтегральний коефіцієнт випромінювання металевої поверхні зростає з підвищенням температури, але в інтервалі тем-

* Значення коефіцієнтів випромінювання усереднені для температурного інтервалу 700-900 °C

ператур до 1000 °С металеві поверхні є найбільш ефективними з точки зору відбиття інфрачервоного випромінювання. Окислення, шорсткість та різноманітні забруднення збільшують коефіцієнт випромінювання поверхні металу.

Для діелектриків характерні більш високі значення коефіцієнтів у ІЧ-області спектру. При низьких температурах оксиди за тепловідбиваючими властивостями дещо поступаються металам, але за умови перевищення значень температур 650-700 °С ця різниця зменшується.

Для діелектриків, як і для металів, здатність поглинати й відбивати значною мірою залежить від стану поверхні. Для шорстких поверхонь величина ε буде більшою, ніж для цих матеріалів з полірованою поверхнею.

Незважаючи на те, що найбільш ефективними тепловідбиваючими матеріалами є поліровані метали, завдяки технологічності й собівартості оксиди, зокрема, оксид магнію, оксид цирконію цілком можуть задовольнити вимоги до матеріалу покриття.

Таким чином, внаслідок використання тепловідбиваючих покриттів (початкова температура пальника 500-650 °С) можна збільшити температуру “холодних” областей пальників на 80-100° за умови використання окислів і на 180-240°, застосувавши екрани з полірованих металів. Одержані результати можна використати в інженерних розробках ртутних, натрієвих і металогалогенних ламп високого тиску.

1.Рохлин Г.Н. Разрядные источники света. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 720 с.

2.Zirconia reflector coating on quartz lamp envelope. McVey Charles I., Uy O. Manuel. Патент №3879625. США. Н01J 7/24. Заявл. 09.10.73. Опубл. 22.04.75.

3.Кобина З.Н. Исследование и разработка ртутно-кварцевой лампы высокого давления с добавками йодидов металлов / Дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – М., 1973.

4.Прикупец Л.Б. Исследование и разработка эффективных источников для фото-биологических экспериментов и выращивания высших растений / Дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – М., 1979.

5.Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 416 с.

6.Сперроу Э.М., Сесс Р.Д. Теплообмен излучением. – Л.: Энергия, 1971. – 294 с.

7.Физико-химические свойства окислов. Справочник / Под ред. Г.В.Самсонова. – М.: Металлургия, 1969.

8.Справочные таблицы по инфракрасному излучению нагретых зол / Брамсон М.А., М.: Наука, 1964.

Получено 12.05.2000