

UV램프의 개요 및 품질

元 哲 喜

(세명백트론 대표이사)

제1장 UV램프

UV램프는 살균용, 산업용, 선텐용, 감식용, 유기물 분해용 등 여러 응용분야에서 많이 사용되고 있으며, 산업 발전에 따라서 응용범위가 많아지는 것은 물론 산업 발전정도에 따라서 UV램프의 수요가 증가일로에 있다. 본고에서는 산업용 中 표면처리 및 인쇄, 사진화확용 UV램프의 개요에 대해서 소개하며 더 많은 정보를 요구하는 경우는 필자에게 연락 바란다.

1. UV램프의 분류

UV램프의 분류는 아래와 같이 여러가지 방법이 있다.

1) 램프 내부 압력에 따른 분류

- 저압 UV램프
- 중압(고압) UV램프
- 초고압 UV램프

램프 점등시 램프 내부의 압력에 따라서 분류하는 방법으로 램프 종류에 따라서 이론이 다소 있으나 일반적인 압력과 특성은 다음과 같다.

특히 중압 UV램프 및 고압 UV램프는 한국에서 분류하는 것과 국외에서 분류하는 것이 다소 다르다. 한국과 일본에서는 UV Curing용으로 사용되는 UV경화용 램프를 고압 UV램프라고 부르며 미국, 유럽에서는 중압 UV램프(Medium Pressure UV Lamp)라고 한다.

2) 용도에 따른 분류

- 오존 발생용 UV램프
- 살균용 UV램프
- 유기물 분해용(TOC) UV램프
- 선텐용 UV램프
- 블랙 라이트
- UV경화용 UV램프
- 사진 제판용 UV램프

용도에 따라서 위와 같이 분류하지만 어떤 용도의 램프가 1가지 주용도의 파장만 방사되는 것이 아니며, 184.9(nm)에서 가시광선까지 다양한 스펙트럼이 나오는 데서 필요한 파장의 방사를 높였거나 해당 파장을 이용하는 것이다.

3) 전극의 유무에 따른 분류

- Electrode Lamp
- Electrodeless Lamp

보통의 UV램프가 대부분 전극이 있는 램프로서 열전자 방출 혹은 전계방출에 의한 냉전자 방출인데 비해서 무전극 램프(Electrodeless Lamp)는 미국의 Fusion사가 개발한 램프로서 전극이나 필라멘트가 없으며, 램프 외부에서 Micro Wave를 조사해서 램프 내부의 UV방사물질에 따라서 각기 다른 파장을 방사하게 만든 램프로서, 일본 쪽에서는 연구가 활발하다.

램프 내부에 Hg만 넣으면 365(nm) 및 403, 436(nm)가 방사되며, GaI₃를 투입한 경우는 417(nm), FeI₂를 봉입한 경우는 365(nm)부근에서 유사 연속 스펙트럼이 방사되어 UV파장별로 여러가지를 만들 수 있다.

문제점은 램프를 여기시키기 위한 Micro Wave 장치의 총입력에 대한 램프출력효율이 다소 낮으나, 램프에서 발생하는 열이 매우 낮다는 점 때문에 내열 온도가 낮은 제품의 UV경화 많이 사용하고 있다. 가장 큰 문제점은 램프 단독으로 사용할 수 없고, Micro Wave를 사용해야 하므로 Wave shielding이 완벽하지 않을 경우 인체에 치명적인 영향을 미칠 수 있으므로 주의해야 한다. 국내에서는 UV용 Micro Wave램프 차폐에 대하여 연구하는 기관이나 기업이 아직 없으므로 이에 대한 연구 투자가 시급한 실정이다.

특히 무전극 램프는 램프 수명이 10,000시간 이상 50,000시간이므로 대단히 경제성이 높으며 최근 미국 에너지부의 발표에 의하면 램프 내부에 유황을 투입하여 기존 백열램프보다 전광속이 100배인 램프를 개발 완료하여 95년 중에 상품화 한다고 발표한 바 있으며(사진 참고) 차세대

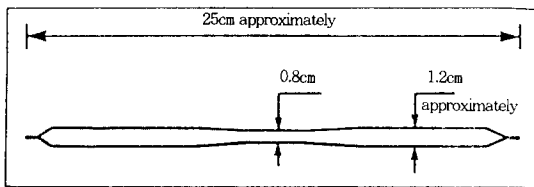


그림 1. UV경화용 무전극 램프

광원으로 사용된다면, UV용 무전극 램프 뿐만 아니라 조명용 무전극램프에 대한 연구개발 투자가 필연적이라 사료한다.

2. 저압 UV램프

1) 저압 UV램프의 개요

저압 UV램프는 램프 내부의 압력이 수 Torr에서 수백 Torr인 램프로서 전극의 형태에 따라서 Hot Cathode type과 Cold Cathode type으로 나누어지며, 대부분 Hot Cathode type램프를 사용한다.

Hot Cathode type저압 UV Lamp의 기본적인 구조는 가정용 형광등과 거의 같으며 관의 굵기, 길이, 형태에 따라 Straight type, U-type, W-type, Circle type등으로 나누어진다. 기본적인 type인 Straight type은 아래 그림과 같다.

램프 양쪽에 전극이 있으며 램프 내부에는 미량의 수은과 아르곤 gas가 들어있다. 형광등과의 차이점은 일반 유리의 경우 253.7(nm)의 UV투과율이 매우 낮으므로 UV 투과유리를 사용하거나 석영관을 사용한다는 점이다. 석영관의 UV투과도는 200(nm)에서 약 85(%)가량이며, 석영관의 종류에 따라서 184.9(nm)의 투과도는 60(%) 이상 되지만 오존발생선은 O₂에 흡수되어 오존을 발생시킨다.

특수한 용도로 많이 사용되는 냉음극 램프와

표 1. UV램프의 일반적인 압력과 특성

종 류	압 력	관 벽 온 도	과 장 특 성
저 압 UV 램 프	수10-수100Torr	≒40℃	184.9nm 및 253nm가 주로 방사됨
중압(고압)UV 램 프	1Bar-30Bar	700~900℃	365nm가 주로 나오며 403, 436nm사용
초 고 압 UV 램 프	50Bar-150Bar	냉각방식에 따라 다름	UV대역 및 Visible대역에서 연속 스펙트럼 방사

표 2. UV램프의 용도에 따른 파장

종 류	주파장(nm)	부파장(nm)	용 도
오존발생용 램프	184.9	253.7, 365	오존 발생용
살균용 램프	253.7	365	공기, 식기, 순수
유기물 분해용 램프	253.7, 365	184.9, 403, 436	순수 및 초순수에 있는 유기물분해
선토티용 램프	297, 313	365, 405	피부 소독
블랙 라이트	365	297, 313, 405	감식, 품질관리, 형광효과
경화용 램프	365, 420	200~450	UV경화용 수지, 잉크, 접착제등의 경화
사진 제판용 램프	420	365, 436	Diazo film현상, 제판

열음극 램프의 차이점을 보면 표 3과 같다.

2) 저압 UV램프의 방전특성

전자의 운동 에너지가 수은원자와 충돌하여 수은원자의 외각 전자가 여기되었다가 기저상태로 복귀하면서 방사하는 전자기파의 파장이 184.9 [nm]-365[nm]인 것을 이용하여 UV source로 사용한다.

Resonance fluorescence $Hg(^1P_1) \rightarrow Hg(^1S_0) + h\nu$ (184.9[nm])

Resonance Phosphorescence $Hg(^3P_1) \rightarrow Hg(^1S_0) + h\nu$ (253.7[nm])



그림 2. 조명용 무전극 램프

3) 저압 UV램프의 응용

저압 UV램프의 응용 범위는 매우 많으며 국내에서는 블랙 라이트, 곤충 포획용, 지폐 감식용, 형광체 검사용 등에 생산되고 있으며, 냉장고의 경우 2~3년간 살균 및 오존발생용으로 사용하

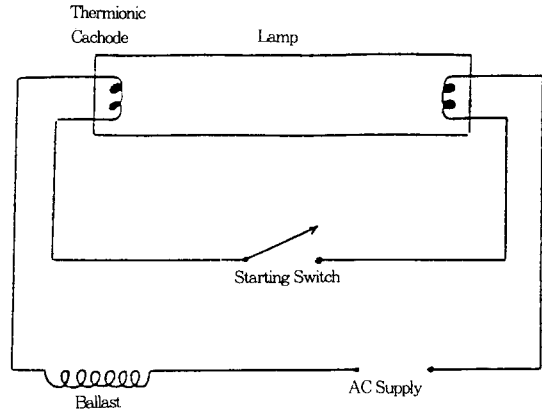


그림 3. 저압 UV램프

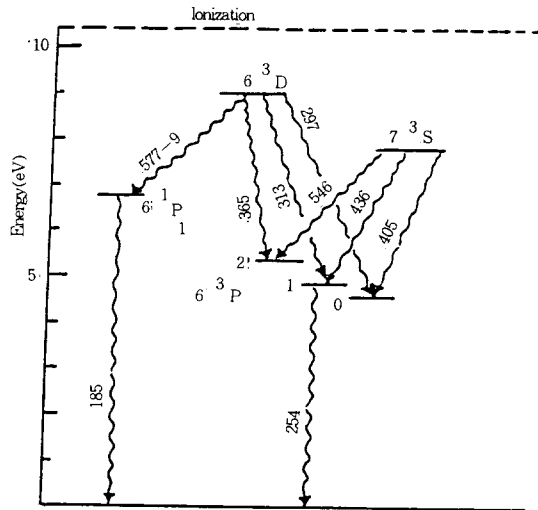


그림 4. 수은의 에너지 준위표

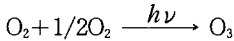
표 3. 냉음극 램프와 열음극 램프의 차이점

구 분	열 음극형 저압 UV램프 Hot-Cathode Electrode	냉 음극형 저압 UV램프 Cold-Cathode Electrode
전 자 방 출	전극의 온도를 높여서 열전자 방출	전극온도 낮고 전극표면의 고전계에 의한 방출
전 극 형 태	저항형 filament형	튜브형
수 명	비교적 짧다(3,000~12,000hr)	길다(10,000~24,000hr)
점 등	저전압에서 가능	고전압 필요

다가 코로나방전식으로 대체하였으나, 방전방식의 신뢰도 등에 의한 문제 때문에 다시 채택되고 있다.

가. 오존 발생용 UV램프

램프에서 방사되는 184.9[nm]을 이용하여 램프 주위의 산소를 광증합시켜 오존으로 변화시키는 램프로서 살균, 소독 등에 쓰이며 구체적인 용도는 아래와 같다.



- A. 정수장(상수도 및 하수처리)
- B. 양어장
- C. 순수 처리
- D. 실내 공기 정화기

나. 살균용 UV램프

병실, 식품회사, 제약회사 등에서 살균 및 소독용으로만 사용되었으나, 전자 및 정밀산업의 발달로 Clean room에서의 용도가 많아지고 있으며 특히 분화수준의 향상으로 가정용 식기 건조기, 벤더머신, 정수기 등에서 많이 사용된다. 특히 순수 처리 공정에서 수중에 있는 박테리아, 세균, 곰팡이 등의 중균 살균에 이용되고 있다.

다. 유기물 분해용 램프

순수 혹은 Deionized Water중의 유기물(탄화수소 화합물)을 제거하는 용도의 램프로서, DW의 Grade가 높은만큼 정밀화학, 반도체 제조공정, TFT LCD등의 첨단산업에서 쓰이며 국내에서 이 분야에 대한 R&D는 거의 전무한 실정이다. 아직 국내의 수요는 적지만 첨단 산업의 발전과 함께 수요가 크게 증가할 전망이다.

전력비가 낮으므로 대부분 저압 램프를 사용하고 있으나, 플랜트 설계시 고압 UV램프를 채택한 경우도 있다. 저압 UV램프의 장점은 고압 UV램프에 비해서 소비전력이 1/10~1/100밖에 되지 않으면서 253.7[nm] 및 365[nm]를 효율적으로 방사시킬 수 있으므로 대단위 플랜트 설계시에는 Maintenance Cost 및 Operating Cost를 충분히 고려해야하리라 사료된다.

라. 선탠용 램프(Suntanning Lamp)

일조량이 부족한 북구과에서 많이 이용되며 저압램프와 고압램프가 있다. 저압램프는 형광등

과 유사한 원리로서 일반 형광등이 253.7[nm]를 R.G.B, Warm white, Daylight 등으로 만드는 것처럼 저압 선탠용 램프도 선탠라인 뿐만 아니라, Warm white등 안온한 느낌을 주는 램프가 많다.

고압 선탠램프는 일반 아크 튜브와 같은 형상의 Metal halide램프를 외구없이 아크튜브를 fixture에 끼워서 사용하며, FeI₂-SnI₂ 계열을 주로 사용한다. 세계적으로 메이커가 몇 개 밖에 되지 않으므로 국내 램프업체로서는 연구할 가치가 있다고 여겨진다.

마. 블랙 라이트

지폐 감식용, 형광물질 분석용, 품질관리, 무대 조명용으로 사용되며, 국내에서 양산되고 있으나, 중국, 및 동남아산 때문에 수출에서 고전하고 있다. 1개당 가격이 1달러 미만으로 부가가치가 낮아 생산 공정이 거의 반자동화 되어 수만~수십만개를 연속 생산하지 않으면 안되는 단점이 있다.

바. 경화용 UV램프

저압 UV램프와 고압 UV램프가 있으며 저압 UV램프는 형광등과 거의 같으며, 253.7[nm]를 Shift시켜 2차 방사파장이 360[nm]가 나오는 저압 UV램프와 420[nm]가 나오는 램프가 있다. 420[nm]저압 UV램프는 엄밀한 의미에서 가시광선이지만 산업용 UV로 분류하며, 파장이 길기 때문에 침투력이 우수하여 두꺼운 코팅인 경우의 UV경화에 많이 쓴다. 필립스에서만 만들고 있으며, 세계시장의 수요가 작은 셈이다.

고압 UV램프로는 수은등과 메탈할라이드 램프가 있으며, 고압 UV램프 부분에서 자세히 기술하기로 한다.

램프 응용은 여러가지 표면코팅, 인쇄, 접착제 등의 UV경화에 쓰이며, 기존의 IR건조와 비교할 경우 UV경화의 장점은 경화시간이 짧은 등 다음과 같은 장점이 있다.

- ① 고품질 : 경화시간이 짧으므로 먼지 등 불순물이 없고, 내화학적, 내후성, 내마찰성, 광택 등이 IR건조에 비해서 우수하다.
- ② 고생산성 : 경화시간이 0.1초~수초 밖에 안되므로 생산성이 좋다.
- ③ 에너지 세이빙 : IR건조에 비해서 20~30

[%]의 에너지 비용이든 된다.

- ④ 무공해 : 솔벤트가 없으므로 공해가 없다.
- ⑤ 열취성 제품 가능 : UV로서 경화하므로 열에 취약한 제품의 생산이 가능하다.
- ⑥ Space Saving : 기계장치의 면적이 10~20 [%]이다.

3. 고압 UV램프

UV경화용, 광화학 반응용, 사진제판용, Diazo film노광용 등 거의 모든 산업용 UV램프가 고압 UV램프이다.

1) 구 조

직경 15~35(mm)의 석영관 내부에 Buffer gas, 수은, Metal halide salt 등이 들어 있으며, 램프 양쪽에 전극이 들어 있다. 전극은 몰리브덴 리본에 연결되어 있으며 몰리브덴 리본은 전기 도입선에 연결되어서 양쪽 터미날에 전압인가시 양전극사이에서 방전을 일으키게 되며 수은 혹은 메탈할라이드의 금속 원자가 여기되어서 기저상태로 복귀하면서 전자기파를 방사하게 되며, 전자가 여기(Excited)되는 전자궤도의 에너지 준위에 따라

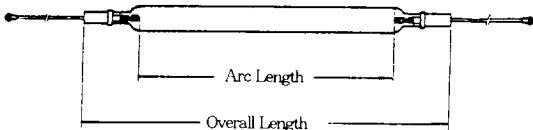


그림 5. 고압 UV램프의 구조

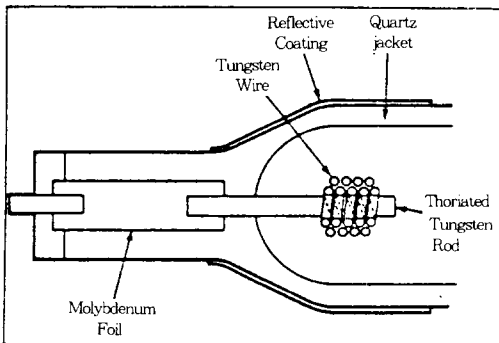


그림 6. 고압 UV램프의 전극 부위

서 파장이 각각 달라진다.

대체적인 램프의 모양은 그림 5, 6과 같은 구조이다.

2) 고압 UV램프의 종류

고압 UV램프는 몇가지 방법으로 다음과 같이 나누어진다.

가. 램프 파장에 따른 분류

- 수은 UV램프
- FeI₂계열 메탈할라이드램프
- GaI₃계열 메탈할라이드램프

나. 점등방식에 따른 분류

UV램프는 고압방전램프이므로 재점등하기 위해서는 램프가 충분히 냉각되어야 하며 다시 정상적인 밝기로 밝아지는데는 시간이 1~5분이 소요되므로, 사용 용도에 따라 몇 가지의 점등방식이 있다.

① 정상점등방식 : OFF후 재점등까지 10~20분의 냉각시간이 소요되며 안정기 2차전압으로 램프점등한다. 대부분의 경화용램프가 여기에 해당된다.

② 고주파점등방식 UV램프 : 잠시동안의 UV노출에도 노출된 UV가 작업공정에 영향을 미치므로 노광시킨 후 램프를 OFF시켰다가, 10~20초 후에 다시 재점등시켜서 사용하는 램프로써 사진제판용 램프에서 이 방식이 사용된다.

③ Half/Full Power Lamp : UV를 사용하지 않을 경우에는 반불상태로 Stand by하다가 노광시킬 때 Full Power로 사용하는 램프로써 전류가 15[A]정도이다. 필름 종류 및 감광액의 특성에 따라서 갈륨계 램프와 Sn-Fe계 메탈할라이드램프가 쓰인다.

다. 오존 생성 유무에 따른 분류

고압 UV램프는 비율이 작기는 하지만 184.9[nm]의 UV C가 방사되므로 작업장에 오존이 생성되어 환기가 원활치 못한 경우 작업 환경이 문제가 된다. 오존 공해를 막기 위해서 석영관 제조시 200[nm]이하의 단파장이 투과하지 못하게 TiO₂를 석영관에 코팅하거나 용융시켜 넣음으로써, 184.9[nm]를 흡수하여 램프 외부로 못나오게 만든 석영관으로 UV Lamp를 만든것이 오존리스 UV램프이며, 일반석영관으로 만든 UV램프는 표

준 UV램프라 한다.

- ① 수은 UV램프 { 표준 수은 UV램프
오존리스 수은 UV램프

- ② 메탈할라이드 UV램프

- { 표준 메탈할라이드 UV램프
오존리스 메탈할라이드 UV램프

오존리스 UV램프의 경우는 200[nm] 이하의 단파장이 나오지 않음은 물론 250[nm]부근의 UV C도 12~15[%] 가량 흡수하므로 표준램프를 사용하던 공정에서 오존 냄새 때문에 오존리스 UV램프로 교체하는 경우 경화속도가 현저히 줄어드는 경우도 있다.

3) 길이 및 부하

램프의 길이는 대체로 경화할 제품의 폭에 따라서 결정되는데 제품의 폭이 매우 좁은 경우는 램프를 콘베이어 길이 방향으로 두기도 한다. 작은 용량의 램프가 1[kW]정도이며 2.5[m] 길이의 램프도 쓰인다.

- ① 수은 UV램프

램프 내부에 아르곤과 수은만 투입하므로 수은 파장이 나온다.

주로 365[nm]를 중심으로 300[nm], 405[nm] 및 436[nm]가 그림과 같이 방사된다. 소량의 253.7[nm] 및 적외선도 동시에 방사되며 램프 관벽온도가 800[°C]정도 되어야 한다. 온도가 낮아지면 냉각된 부분에 수은이 응축되어 정상적인 램프전압이 나오지 않으나 만들기가 쉽고, 가격이 저렴하므로 가장 널리 쓰인다.

- ② 메탈할라이드 UV램프

방사물질에 따라서 Fe₂계열과 Ga₃계열이 있으

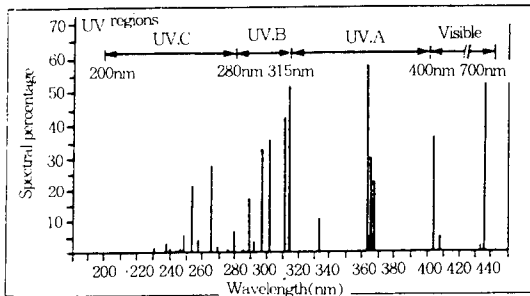
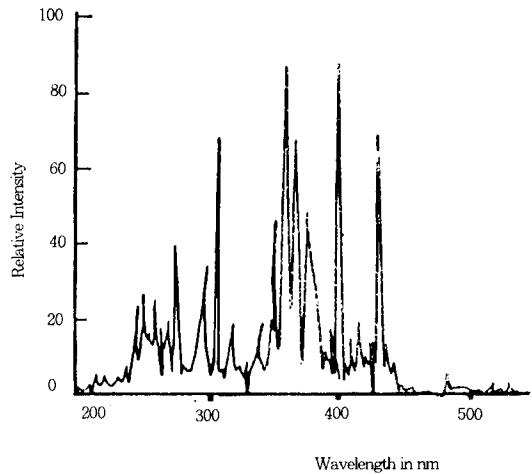
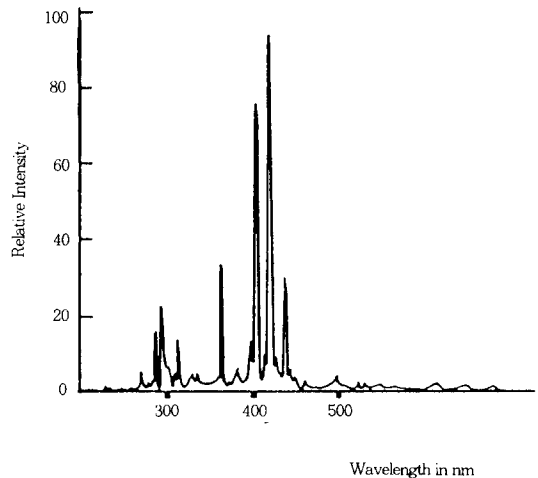


그림 7. 수은 UV램프의 파장

며, Fe₂계열은 Ni, Co, Sn 등을 같이 투입하는 경우도 있으며 Ga₃는 La, Pb 등을 투입하는 경우도 있다. Fe₂램프는 365[nm] 부근에서 유사연속스펙트럼을 방사하므로 두꺼운 코팅이나 유색코팅에 많이 사용된다. Ga₃를 투입한 램프는 417[nm]의 보라색을 방사하므로 Diazo Film노광, 필름현상, 에칭산업 등에 많이 사용되며, 코팅 두께가 두꺼운 제품에서 투과력이 높으므로 많이 사용된다.



a) Spectrum of Sn-Fe



b) Spectrum of Ga

그림 8. 메탈할라이드 UV램프의 파장

램프부하는 단위길이 당의 소비전력을 나타내며 40[W/cm]~160[W/cm]까지의 램프가 사용된다.

$$\text{램프부하} = \text{소비전력} \div \text{극간거리} = (\text{W/cm})$$

4. 초고압 UV램프

램프 점등시 램프내부의 수은 증기압이 100~150[Atm]되는 램프를 초고압램프라고 하며 모양이 모세관처럼 생겼으므로 Super High Pressure Capillary Lamp라고도 한다.

내경 1~2[mm], 외경 4~6[mm]의 석영관에 텅스텐 혹은 Thoriated Tungsten 전극을 넣고 점등하며 그 구조는 그림과 같다.

램프 내부에 100기압 이상의 수은이 들어갔으므로 파장은 연속스펙트럼이 나오며 관벽의 온도가 너무 높아지므로 램프 냉각은 수냉자켓을 이용한다.

주로 칼라 TV 형광면의 노광, PCB용 필름의 노광 등에 이용하며, 국내에서 아직 개발을 못한 실정이다.

가장 문제되는 점은 텅스텐 전극을 석영관에 바로 Sealing해야 하므로 석영관과 텅스텐의 중간 팽창계수를 갖는 Sealing Glass를 이용하여 다단계 실링(Graded Sealing)해야하며, 실링시 각 Sealing Glass의 두께가 10[%]이상 차이가 나면 유리 내부에 strain이 남아 있으므로 아무리 Annealing을 잘해도 실링부위에 크랙이 발생한다는 점이다.

한편 램프 내부에 불순물이 극미량이라도 있으면 UV방사효율이 급격히 떨어지게 되며, 전극주위의 석영관이 고열로 인하여 실투(Devitrification)현상이 발생하여 램프가 파손되는 경우가 많다. 세계적으로 생산하는 메이커가 3~4개

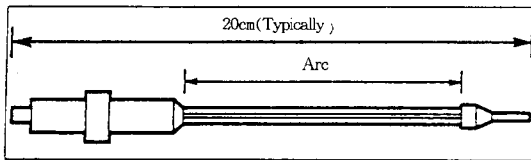


Figure 30 Capillary Lamp

그림 9. 초고압 램프 모형도

밖에 되지 않으며, 비록 수은램프라고 해도 대단히 고기술을 요구하는 램프이다. 국내에서는 10여년 전 부터 S사에서 개발하고 있으며 몇 번 개발완료하였다고 발표한 바 있으나 아직 판매하지 않고 있는 실정이며, 필자가 경영하는 회사도 현재 5년간에 걸쳐서 계속 실험 중이며, 95년 이내에 개발 완료되리라 생각한다.

제2장 UV램프 품질

1. 수명

모든 램프는 수명이 길수록 좋으나 실제로는 수 시간에서 최대 18,000시간 정도 사용하는 램프까지 있다.

1) 수명의 정의

필라멘트형 램프(저항램프: 백열등, 할로젠 램프)나 방전등을 막론하고 램프는 그 자체의 고유한 수명이 있다. 램프의 수명이란 램프를 실제로 사용하여 불이 켜지지 않거나 불의 밝기가 초기에 비해서 현격히 어두워졌을 때 까지를 말한다.

수명종료

가. 불의 밝기가 초기 100(hr)의 75[%]로 어두워진 때

나. 정상적인 정격 안정기로서 불이 켜지지 않을 때

2) UV램프의 수명

UV램프는 수명이 500시간~3,000시간이나 되고 소비전력이 대략 10[kW]~20[kW]이므로 실제 수명시험을 하지 않고 상대수명 및 UV유지율로 나타낸다.

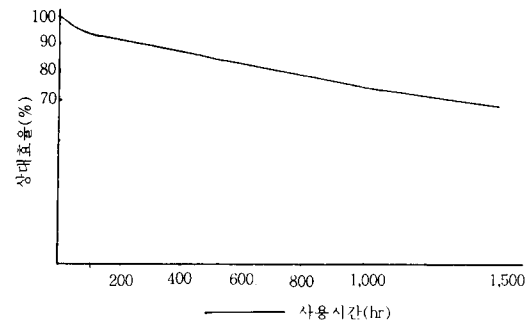


그림 10. UV램프의 수명

A. 상대수명이란 램프를 한번 켜다가 끄면 10시간 사용한 것과 같은 비율로 램프가 손상되므로 1회점등할 경우 10시간 켜는 것으로 계산하는 것을 말한다.

B. 램프의 수명

그림10과 같이 UV램프는 사용시간에 따라 UV량이 줄어드므로, 비록 불은 잘 켜진다고 해도 밝기가 초기의 75(%)가 되면 램프수명이 종료된 것으로 한다.

2. UV램프의 수명 결정인자

UV램프의 수명을 단축시키는 요인은 여러가지가 있으나 대체로 다음과 같으며, 1~4항은 램프 수명을 수 십(%)씩 감소시키나, 5~10번 항목은 1~2시간 혹은 수 십시간만에 나타나는 현상이므로, 사용시 충분한 주의를 기울이지 않으면 고가의 UV램프를 곧 새것으로 교체해야 한다.

- 1) ON-OFF회수
- 2) 램프 전압 및 전류
- 3) 안정기 특성
- 4) 냉각-과냉 및 과열
- 5) 실링 부위의 과열로 인한 물리브덴 산화
- 6) 전선이 타거나 쇼트가 일어나는 경우
- 7) 램프가 휘어지거나 볼록해지는 경우
- 8) 배기관 주위의 미세한 크랙
- 9) 파손
- 10) 램프 자체불량

이상 10가지 원인을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

1) ON-OFF회수

1회 켜서 1시간후 OFF시켜도 10시간 사용한 것과 거의 비슷한 경우로 수명이 짧아진다.

램프는 특성상 처음 켜서 밝아질 때 전극에서 강한 전계(약 1,000[V]-3,000[V])를 받아 열전자가 방출되고, 이로 인해 전극이 비산되어 전극이 마모되게 되며, 전극이 마모되는 양은 점등회수에 거의 비례하므로 1회 점등시켜서 4시간 동안만 켜다고 해도 10시간 사용한 것으로 간주한다. 따라서 자주 ON-OFF 시키는 것은 그만큼 램프 수명을 단축시키는 요인이 된다.

2) 램프 전압 및 전류

램프는 규정된 전압 및 전류를 흘러야 되는데 자기 정격전류보다 전류가 50(%)쯤 많이 흐른다면 수명은 5배 이상 짧아지며 램프의 정격 전압 전류에 따라 다르므로 정확히 몇 (%)만큼 수명이 짧아진다고 말할 수는 없으나, 정격전류보다 과량의 전류가 흐르는 경우, 관벽부하, 정격 전압 전류등에 따라서 다르지만 대체로 정격전류일 때의 3~4승에 반비례하여 수명이 짧아진다.

예 1) 정격전류가 10[A]이고 수명이 1,000시간인 램프에 11[A]의 전류가 흐르는 경우의 수명은?

$$\left(\frac{10A}{11A}\right)^3 \times 1,000\text{시간} = 751\text{시간}$$

예 2) 상기 램프에 50(%) 및 100(%)의 과전류를 흘린다면 수명은?

$$\left(\frac{10A}{15A}\right)^4 \times 1,000\text{시간} = 198\text{시간}$$

$$\left(\frac{10A}{20A}\right)^4 \times 1,000\text{시간} = 62\text{시간}$$

한편, 정격전류보다 20(%)이하로 적게 흐리는 경우도 램프길이, 관벽부하, 전압, 전류 등에 따라서 다르지만 대체로 3~4승에 정비례한다.

예 3)

$$\left(\frac{8A}{10A}\right)^3 \times 1,000\text{시간} = 512\text{시간}$$

$$\left(\frac{5A}{10A}\right)^4 \times 1,000\text{시간} = 62\text{시간}$$

따라서 램프는 정격전류에서 사용하여야 램프 본래의 수명대로 사용할 수 있으며, 전류가 정격전류보다 많이 흐르거나 적게 흐를 경우 수명은 지극히 짧아진다.

3) 안정기(Ballast)특성

램프를 자기 수명대로 잘 사용하기 위해서는 램프 특성에 잘 부합되는 특성을 가져야 하며 안정기가 갖춰야 할 조건은 다음과 같다.

A. 전압 전류 특성이 램프가 요구하는 특성에 맞을 것

B. 소음이 60[dB] 이하일 것

C. 표면 온도가 60[°C] 이하일 것

D. 역율이 85(%) 이상일 것

안정기는 위와 같은 조건을 갖추어야 하지만 현재 국내의 안정기는 이러한 조건을 다 갖추지

못하고 있는 실정이다.

UV램프용 안정기는 램프의 시동 전압과 방전 유지전압(관전압 : 램프전압 : Operating Voltage)이 입력전압(보통 220[V] 혹은 380[V])보다 2~10배가량 높으므로 누설형의 승압 변압기와 쇼크코일 혹은 콘덴서를 사용한다.

이러한 안정기는 전압 전류 특성에 따라 정전류형과 정전력형 안정기로 나누어진다.

A. 정전류형 안정기

램프전압이 낮거나 높아도 램프전류가 일정하다-콘덴서형 안정기

예) 램프규격이 950[V] 7[A]라면 900[V]나, 1,000[V]라도 거의 7[A]로 일정하다.

B. 정전력형 안정기

램프전압이 높으면 전류가 낮아지고 전압이 낮으면 전류가 높아진다.

예) 램프 규격이 520[V] 15[A]라면

480[V]인 경우는 19[A]

450[V]인 경우는 23[A]

550[V]인 경우는 12[A]등으로 램프전압에 따라서 램프전류가 변화하게 된다.

따라서 정전력형 안정기 중에서 SFE 7[kW]의 안정기인 경우는 램프 전압이 450[V]로 낮다면

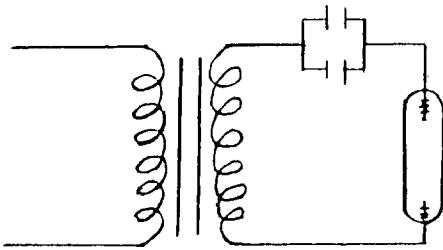


그림 11. 콘덴서형 안정기

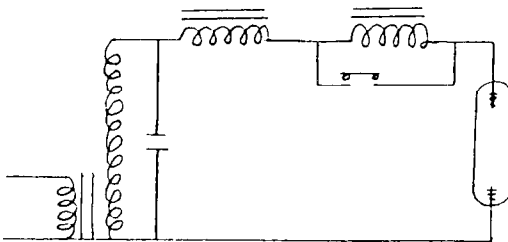


그림 12. 쇼크코일형 안정기

램프 전력이 23[A] 혹은 25[A] 이상 흐를 수 있는데 2차측 코일이 정격보다 30[%](즉 15[A]×130[%]=19.5[A]) 정도의 여유를 주어서 안정기를 설계하므로 25[A]를 장시간 흘릴 경우 안정기가 타게 된다. 과전류인 경우 안정기가 타는 것은 물론, 램프 수명도 대단히 짧아지게 된다.

4) 냉각-과냉 및 과열

일반 조명용 램프인 경우는 대기중에서 점등시킴으로 자연 냉각이 되고 전류가 높지 않으므로 총 발열량이 많지는 않다. 그러나, UV램프는 램프 전력이 1[kW]~20[kW]이므로 발생하는 열도 0.6[kW]~12[kW]가량 된다.

UV램프의 에너지 분포

UV	: 30[%]
가시광선	: 10[%]
열	: 60[%]
계	: 100[%]

따라서 램프에서 발생하는 열을 얼마나 잘 제거 주느냐에 따라서 램프가 자기 수명을 유지하고 UV를 효율적으로 방사하게 된다. 그러나 램프의 특성상 램프 관벽온도가 다음과 같이 유지되어야 방전을 잘 일으킬 수 있다.

수은UV램프 : 800[°C]+50[°C]

메탈UV램프 : 900[°C]+50[°C]

램프의 온도가 상기 온도보다 낮거나 높으면 수명이나 램프 효율면에서 다음과 같은 현상이 발생하므로 램프를 사용할 경우 냉각 조건을 정확히 지켜야 한다.

● 과냉각일 경우

램프내부의 수은이 관벽에 응결되어 정격 관전압이 되지 않아 건조가 제대로 되지 않음은 물론 수명이 짧아진다.

● 냉각이 안 될 경우(과열인 경우)-다음과 같은 현상이 일어날 수 있다.

- ① 피건조물의 온도가 너무 높아진다.
- ② 반사갓이 녹아 내려서 램프 파손의 원인이 된다.
- ③ 베이스 부분의 폴리브텐이 산화되어 리크가 되며 램프의 불이 꺼진다.
- ④ 램프가 휘어지거나 불룩하게 튀어나온다.
- ⑤ 전선이 타서 쇼트의 원인이 된다.

이와 같이 과냉각이거나 과열인 경우 모두 건조가 안되거나 제품온도가 너무 높아지는 등의 문제를 안고 있으므로, 건조기 설계시 램프 온도를 적정하게 유지시켜주지 않으면 안된다. 이러한 냉각에 대한 문제가 있으므로 건조기 설계에 대한 기술축적이 잘 된 외국의 건조기는 몇 년을 사용해도 트러블이 없는 반면 간이형으로 만든 건조기에서는 계속 램프가 꺼지거나 건조가 잘 되지 않는 경우가 많다. 종합적으로 이야기하면 냉각 시스템이 어떠한가 UV건조기의 가장 큰 노하우(Know-How)라고 할 수 있다.

냉각이 안되어 과열된 경우는 비록 램프 사용기간이 수십~수백시간 밖에 안되었다고 해도 램프 수명은 끝나게 된다.

5) 실링 부위의 과열로 인한 몰리브덴 산화

램프의 구조는 아래 그림과 같이 석영관 양쪽에 전극이 있으며 전극은 몰리브덴 리본에 연결되어 전선으로 이어져 있다.

몰리브덴이 석영관에 실링되어있는 부분을 실링부라고 부르며 실링부의 온도가 높아지면 몰리브덴핀과 몰리브덴 리본이 산화되기 시작하며, 실링부위의 온도가 200[°C]가 넘을 경우 몰리브덴과 석영관과의 팽창계수가 다르므로 리크(누설)의 원인이 된다.

Mo의 선팽창계수 : 5.8×10^{-6} [mm/°C]

석영의 선팽창계수 : 5.5×10^{-7} [mm/°C]

대체로 램프를 사용한 지 1~수일만에 램프가 꺼지지 않는 경우는 베이스부(실링부)의 온도가 높아서 몰리브덴이 산화되었거나 리크인 경우가 대부분이므로 베이스부의 온도를 200[°C]이하로 유지해야하며 250[°C]가 넘을 경우 램프 실링부의 리크로 인하여 램프를 못쓰게 된다.

6) 전선이 타거나 쇼트가 나는 경우

램프 양단에는 1,000~수천 Volt가 인가되므로

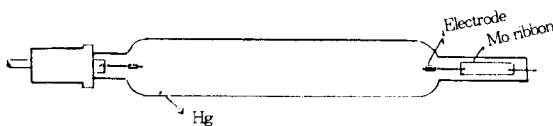


그림 13. 램프의 전극 구조

전선의 피복이 까진 경우나 전선피복이 금속에 접촉하고 있는 경우 고전압인가시 누전이 되거나 램프가 꺼지지 않는다. 또 전선피복의 재질은 실리콘 혹은 테프론을 사용하는데 실리콘 및 테프론의 내열온도가 180[°C]밖에 되지 않으므로 전선피복에 강한 UV가 계속적으로 조사되면 피복이 벗겨져 쇼트가 생기면서 램프에 쇼트가 나서 램프수명이 종료되는 경우도 가끔씩 생긴다.

7) 램프가 휘어지거나 불룩해지는 경우

수분~수시간동안 정격전류의 2~3배의 전류가 램프에 흐르면서 냉각이 충분히 되지 않으면 50[cm]이상의 긴 램프는 휘어져서 램프가 벨트 쪽으로 쳐지게 되어 제품과 충돌하여 램프가 깨어진다. 길이가 짧은 램프(극간거리 50~300 [mm])는 과전류가 흐르게 되어 석영관의 온도가 석영의 연화점(Softening Point)이상 높아지면 램프내부의 압력 때문에 램프가 불룩해지거나 고무 풍선처럼 터져서 수명이 종료된다.(불룩하게 부푼 상태에서 램프를 계속 사용하면 건조도 안되면서 안정기가 탄다)램프의 전류가 지나치게 높으면 앞에 예시한 대로 수명이 짧아지는 것은 물론 계속 사용하면 수 십시간 내에 램프수명이 종료된다.

8) 배기관 주위의 미세한 크랙

램프에는 진공배기를 시키기 위한 배기관이 있으며, 배기관은 진공배기 완료 후 짧게 잘라낸다(Tip-off). 잘라낸 자리의 유리 두께는 일정하지 않으므로 같은 조건으로 어닐링(Annealing)해도 스트레인이 남아 있는 경우가 있다. 스트레인이 남아 있는 경우에는 작은 충격에도 배꼽부위에 미세한 크랙이 발생하게 되므로, 충격을 주어서는 절대 안된다.

※ 램프 사용자 중에는 조금밖에 부딪히지 않았고 크랙이 대단히 미세하므로, 램프 제조자에게 크랙을 본드로 막아 달라고 요구하는 경우도 가끔 있으나, 일단 크랙이 생긴 램프는 절대 사용할 수 없다. 일단 아주 미세한 크랙이라도 생기면 공기가 램프 내부로 들어가므로 램프가 점등되지 않는다.

9) 파손

램프를 갈아 끼울 때 한손으로 베이스 부위를

잡거나, 다른 물체에 부딪혀서 램프를 파손하는 경우가 있다. 램프는 아무리 고가라고 해도 유리로 된 제품이므로 조금만 충격을 주어도 깨어지게 된다.(이는 수 억원을 초과하는 도자기일지라도 살짝 부딪히면 깨어지는 것과 마찬가지이다.) 가끔씩은 램프가 휘어진 상태에서 제품이 지나가다가 램프에 부딪혀서 파손되거나 제품이 램프하우징에 부딪혀서 램프가 파손되는 경우도 있다.

램프는 기본적으로 유리제품이므로 취급시에는 다음 사항을 유의해야 한다.

가. 포장을 풀기전에 주의를 깨끗이 정리정돈하고 청소한다.

나. 포장을 풀고 장갑낀 손으로 램프를 취급하되 베이스 부위를 한 손으로 잡으면 안된다.

다. 램프를 램프 하우스에 끼울 때 구멍의 센터가 잘 맞지 않는다고 무리한 힘을 가하면 깨어진다.

라. 볼트를 체결하거나 베이스 홀더의 볼트를 체결하기 전에 램프가 정위치에 놓였는가를 확인하고 볼트를 체결해야 하며, 이때 너무 무리한 힘을 가하면 십중팔구 부러진다.

마. 만일 램프에 이물질이나 지문이 묻으면

UV량이 작아지므로 반드시 깨끗한 장갑을 끼고 만져야 하며, 지문이나 불순물이 묻었을 경우는 가제에 알콜을 묻혀서 닦아주어야 한다.

10) 램프 자체불량

가장 문제되는 것이 램프 자체의 불량이다. 특히 UV램프는 산업용으로 사용하므로, 1등만 사용하는 경우는 램프가 꺼졌을 경우 생산공정의 한 부분이 완전 Down되므로 신뢰도가 높은 램프를 쓰지 않으면 안된다.

세명 백트론에서 만든 UV램프의 품질은 몇 가지 항목으로 나누어서 체크했을 때 일본, 독일

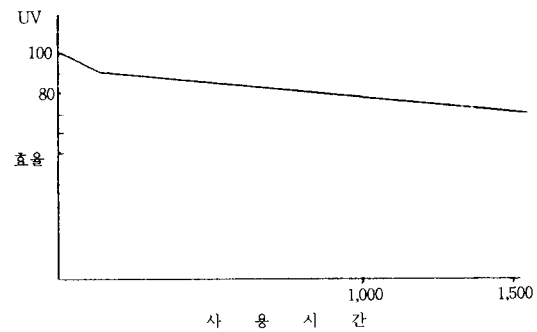


그림 14. 램프의 유지율

표 4. UV램프의 품질평가 보고

메이커	UV효율	혹화	수명	과냉	A/S	납기	가격	평균
세명백트론	87	92	82	84	100	7일	70	89
국내 타사						"	50	
일본 O사						1~3개월		
일본 G사						"		
일본 E사	100	100	100			"	100	
일본 U사						"		
미국 A사	100			100		"		
미국 H사	100			100		"		
미국 W사	100	100				"		
이태리 I사	100		100			"		
독일 T사		100				"		
네덜란드 P사		100	100			"		

주1) 실험은 세명백트론 자체 연구실에서 실시한 값과 소비자의 평가를 종합하였으며, 절대값은 아님.

주2) 가장 우수한 성적은 100으로 하였으며, 100이외의 항목을 나타내지 않은 것은 국내 공급대리점의 컴플레인 때문임.

주3) 한 항목에도 100이 없는 제품은 좋은 회사의 100에 비해서 품질이 100보다 떨어지기 때문에 구체적인 숫자를 나타내지 않았음.

주4) 본 Data는 국내 및 타사의 제품을 비방하거나 평가하기 위한 것이 아니라, UV업무 담당자의 업무 참고를 위해 가장 우수한 제품의 성적을 100으로 하였고, 세명 백트론의 Max Cure[®] 램프는 동일한 시험조건에서 실험했을 때 나온 값을 소비자가 선택할 수 있게 나타내었으며 본 Data는 국내 타사 및 외국 특정사 제품을 선전하거나 비방할 목적이 아님을 분명히 밝혀둔다.

램프보다 열등한 것은 사실이다. 램프 사용중, 방전개시전압이 너무 높아서 점등되지 않거나 UV효율이 낮아졌을 경우 램프의 품질이 나쁘다고 보면 무리가 없다.

어떤 메이커의 램프를 막론하고 다음과 같은 경우는 불량램프라고 할 수 있다.

가. UV효율 : 입력에너지 대비 전 UV방사량이 10[%]이하인 경우

혹화 : 램프 사용 후 전극 주위가 새카맣게 변색되고 검은 부분의 길이가 30[mm]이상인 경우

다. 점등 : 정상적인 안정기로서 램프가 점등되지 않을만큼 방전개시전압이 높을 때 - 램프 내부에 불순물의 농도가 너무 높아서 정격안정기로 방전개시가 되지 않는 경우

3. 세명램프의 수명

세명 백트론의 UV램프는 각 램프마다 상태 수명 및 UV유지율이 다르지만, 대체로 다음과 같다.

1) 상대 수명(Rated life time)

1회 점등할 때마다 수명이 10시간씩 짧아진다고 했을 때 약 1,000시간을 쓸 수 있다.

2) UV유지율

세명백트론 램프의 UV유지율은 1,000시간 사용 후 약 75[%]의 UV량을 나타낸다. 그러나 실제로는 1,500시간 혹은 3,000시간까지 사용하는 경우도 많다.

3) 수명시간 보증(Warranty)

램프의 수명은 사용하는 조건 즉, 정격전압전류, 안정기 형식, 냉각 조건에 따라서 전혀 달라지게 되므로 사용조건이 부적절한 경우는 램프 수명을 전혀 보증할 수 없으며, 정격 안정기를 사용하고, 냉각 장치, 콘트롤 장치 등에 이상이 없는 경우, 상대 수명의 50% 즉 500시간까지 보증한다. 2항의 수명 결정인자에서 5~9번 항목인 경우에는 보증할 수 없다.

※ 참고 : 램프 품질

UV램프의 전체 품질을 대체적으로 비교하기 위하여 세명 백트론 램프와 외국 유명회사의 품질을 평가한 결과, 표 4와 같다.

94. 7. 1 현재 국내에서는 세명 백트론 외에 4

~5개의 수는 UV램프 메이커가 있다. 수입품으로는 일본의 O, G, E, U사와 미국의 W, A, H, S사, 유럽의 I, T, P사 등의 제품이 수입, 판매되고 있으며, 각 업체에서는 자기제품의 품질이 가장 우수하다고 주장하고 있으나 당사의 시험성적에 의하면 램프종류 및 규격별로 다소간의 차이가 있으나 개괄적인 품질 평가표는 다음과 같다.

위 표에서 보았듯이 미제 혹은 일제 램프라고 모두 우수한 것은 아니며, 일본 E사의 제품은 거의 모든 품질 평가항목에서 세계 제일이라고 할 수 있으며, 미국제품은 2가지 항목에서 대단히 뛰어나지만, 우수하지 못한 면도 있다. 세명 백트론의 Max Cure 램프는 평균 89점 밖에 되지 않으며, 혹화 및 A/S는 외국제품보다 다소 우수한 경우도 있으나 나쁜 경우도 있어서 평균값으로 표시하였다. 램프선택은 품질, 가격, A/S, 납기 등을 고려하여 담당자가 결정해야 하리라고 본다.

◇ 著 者 紹 介 ◇



원 철 희(元哲喜)

1956年 6月 15日生. 한양대학교 화공과 및 동대학원 졸업. 한양화학 한국전열화학 연구소 선임 연구원. 현재 (주)세명백트론 대표이사.