

자외선의 인쇄, 접착분야의 응용

김용선 · 김성하 <(주)리트젠>

1 서 론

자외선(UV)에 의한 잉크, 코팅, 접착 등의 UV 경화 기술은, 1969년에 미국에서 칼라 오프셋(Offset) 카톤 인쇄기에 적용한 것을 시작으로, 그 후 목공 제품의 도장에도 적용되었으며, 일본에서는 1970년경에 도입되었다.

UV경화 기술에 사용되는 잉크 등의 UV경화 수지는 기본적으로 무용제로 구성되어 경화시에 용제의 휘발 등이 없기 때문에, PRTR법(특정 화학 물질의 환경에의 배출량의 파악등급 및 관리, 개선, 촉진에 관한 법률), 오취방지법 및 ISO 14000등의 환경에 관한 규제나 관리에 대해 매우 유익한 환경 친화적 처리방식이며, 순간적으로 경화시킬 수가 있기 때문에 생산성이 매우 높다.

또한 경화 피막의 물성이 높고, 종래의 열경화 등과 비교할 경우 에너지 절약 등 많은 특징을 가지고 있으며, 현재는 다양한 분야에서 이용되고 있다.

UV경화 기술은 UV경화 수지 중에 포함되는 광중합 개시제의 광흡수 파장대와 조사하는 빛의 파장의 정합성으로 경화효율이 좌우되며, UV경화 수지의 광흡수특성과 UV경화장치로부터 조사되는 UV빛의 분광 특성을 이해하는 것이 매우 중요하다.

본고에서는 UV를 입문하는 입장으로서, 본 UV경화장치에 대해 그 구조나 특성에 대해 실제의 사용 예

를 포함해 소개하고자 한다.

2. UV경화장치

UV경화장치는 UV광원, 조사장치, 전원장치, 냉각장치, 또 UV경화 수지 코팅장치나 반송장치등으로 구성된다.

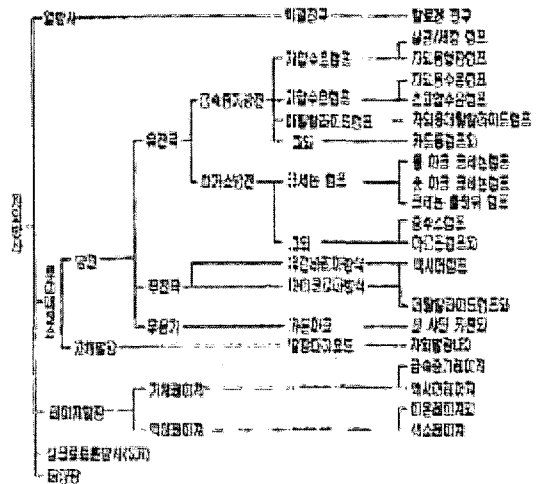


그림 1. UV광원의 분류

전술한 것처럼 피조사물에 도포된 UV경화 수지(경우에 따라서는 피조사물 사이에 채워진 UV경화 수지)에 대해 UV광원으로부터 방사되고 있는 자외선

의 파장과 그 에너지, 즉 자외선의 광량을 적절히 얻을 수 있을지가 장치선정의 중요한 포인트이다.

또한 장비선정시 중요한 점은 UV광원으로부터 방사되는 빛에는 자외선(UV) 이외에 가시광선(VIS)이나 적외선(IR)도 있으므로, 피조사물의 온도상승으로 인한 제품의 손상여부에 대하여 충분히 주의할 필요가 있다.

2.1 UV광원

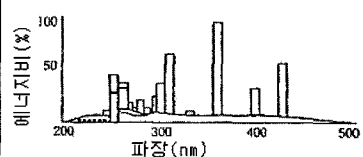
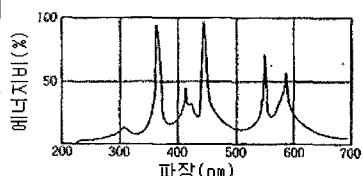
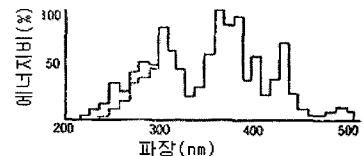
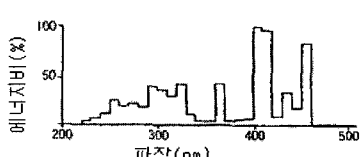
UV를 방사하는 광원의 분류를 그림 1에 나타냈다. 용도에 따라 살펴보면, 이 UV광원 중에서 표 1에 나타난 금속증기방전 램프가 일반적으로 많이 사용되고 있다.

이 램프는 석영 유리제의 발광관안에 금속을 봉입해 외부 에너지를 더해 발광시킨다. 발광 시키는 금속이나 그 증기압에 따라 여러 가지의 분광 특성을 갖는 램프로 구분되고 있다.

이 중에서 전술했던 대로 UV경화 수지의 특성과 맞는 램프를 선정할 필요가 있다. 또 외부 에너지를 더하는 방법에 의해 유전극과 무전극의 램프가 있다.

이러한 램프의 출력을 나타내는 단위는 전력((W))의 외에 UV램프에 독특한 표시로서 단위로 발광 길이당의 전력((W/cm))으로 나타낸다. 다종다양한 피조사물의 형상이나 크기에 대응하기 위하여 다양한 발광길이의 UV램프가 준비되어 있지만, UV경화수지의 특성에 따라 각기 필요한 UV광량이나 혹은 생

표 1. UV경화에 사용되는 주된 금속증기방전램프

램프명	특징	분광특성
고압수은램프	석영 유리제의 발광관안에 수은(Hg)과 소량의 희가스(365nm)를 주파장으로 해, 254nm, 303nm, 313nm의 자외선을 방출적으로 방사한다. 다른 램프보다 다파장 자외선의 세력이 특징	 그림 중 실선은 스탠다드타입, 점선은 모츨레스타입
초고압수은램프	고압수은램프와 같은 형태에 수은과 희가스가 봉입(가수압이 1기압)되고 있지만, 가시광이 10기압이상으로 작이 아니고 연속 스펙트럼이 된다	
메탈할라이드램프	발광관안에 수은에 한하여 메탈 할라이드(염화 칼슘, 염화 스트론튬, 염화 바륨, 염화 칼륨, 염화 리튬)가 첨가된 스펙트럼을 방사하는 수은의 파장에 비해, 300~450nm의 자외선 세력이 특징	 그림 중 실선은 스탠다드타입, 점선은 모츨레스타입
하이파워 메탈할라이드램프	메탈할라이드램프와는 다른 형태에 한하여, 400~450nm의 자외선 세력이 특징	

산속도에 따라 동일한 발광길이라 할지라도 정격전력이 다른 램프가 필요하게 된다. 따라서 $[W/cm]$ 의 개념이 필요한 것이다.

유전극 램프는 발광 길이는 50~2,500(mm), 단위 길이 당의 전력은 80~320(W/cm)까지 준비되어 있다.

무전극 램프는 마이크로파의 에너지의 제어로 램프를 발광시키는 것이다.

최근에는 UV로부터 IR까지 고조도의 빛을 방사하는 펄스발광방식의 크세논램프가 특히 반도체분야에서의 접착이나 실리콘(Si) 웨이퍼 표면의 가열 등에 사용되고 있다.

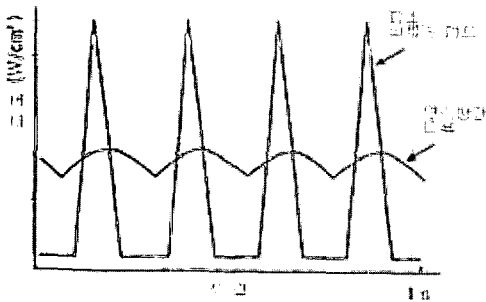


그림 2. 펄스발광의 모델

이 램프는 그림 2와 같이 카메라의 플래시와 같은 모양에 매우 짧은 시간동안 간헐발광 시키는 것으로, 종래의 UV램프와 비교해 2~3배의 높은 피크 조도를 얻을 수 있다. 따라서 UV경화수지의 과장 특성에 가까운, 은폐성의 높은 도막이나 후막 등에 대해 도막 최심부까지 경화에 필요한 자외선이 도달할 수 있으며, UV경화 수지에 포함되는 광개시제의 개열반응이나 모노머와 올리고머의 중합 반응이 촉진되어 경화 효율도 향상된다. 결과적으로 매우 짧은 조사 시간에 경화 반응이 완결해 피조사물의 온도상승을 억제할 수 있다.

이상과 같이 용도나 목적에 따라 최적의 램프 선정은 에너지의 유효이용 면에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

2.2 조사기

조사기는 내부에 UV램프를 장착하여 피조사물에 UV를 조사하기 때문에 반사판, 램프, 반사판의 냉각기구 및 셔터기구와 같은 구조로 구성되어 있다.

반사판은 집광형, 평행광형, 확산형과 같이 그 형상에서부터 지향특성을 변할 수 있게 하여 용도에 적합한 것이 선정된다. 또 반사판은 피조사물에 대해 열의 영향을 적게 받도록 VIS 또는 IR을 반사판 후방에 투과할 수 있도록 금속박막을 코팅한 폴드 미러가 널리 사용되고 있다.

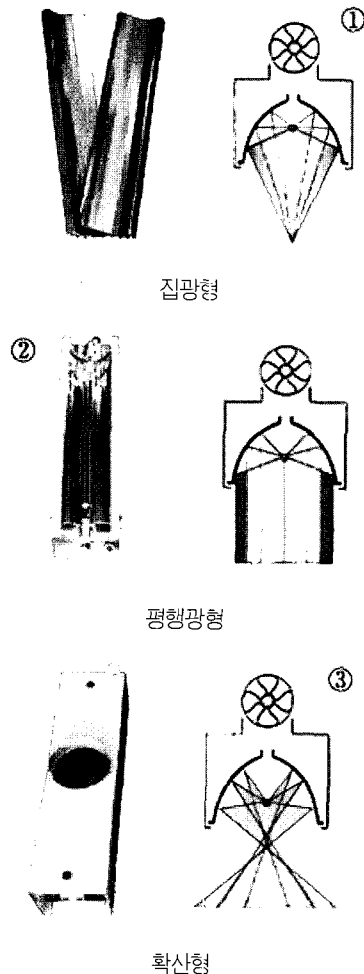


그림 3. 반사판의 형태

또한 조사기는 램프를 냉각시켜 발광할 때 최상의 온도를 조절하는 기능도 가지고 있다. 공기의 흐름을 이용해 냉각하는 조사기(공냉식 조사기), 램프를 공기의 흐름으로 냉각하고 반사판을 물로 냉각하는 조사기(공냉수냉식 조사기, 그림 4), 램프와 반사판을 같이 물로 냉각하는 조사기(수냉식 조사기)가 있다.

피조사물이 조사기의 정 가운데 아래쪽에 정지되면 열에서 오는 소손 등을 초래할 위험이 있기 때문에 조사기 하부에 빛을 차단하는 셔터장치가 있다.

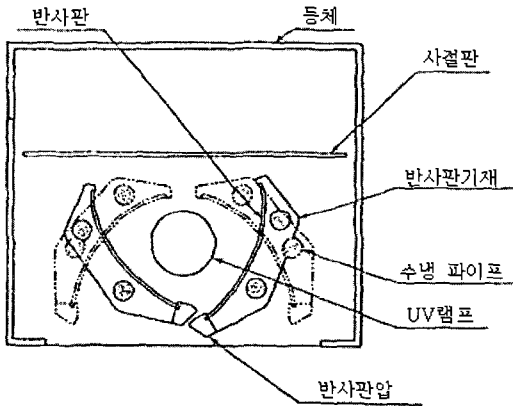


그림 4. 공냉수냉식조사기의 구조

2.3 전원장치

전원장치는 전원부와 제어부로 구성되어 있다. 전원부는 안정기와 인쇄기와 같은 주변의 생산설비에서 받은 신호에 따라 조광이나 셔터 개폐같은 것을 제어하는 제어회로로 구성되어 있다. 제어부는 램프의 점등과 소등, 조광 등에 대한 매뉴얼 조작 또는 각종 표시를 감시하는 기능을 한다.

최근에는 자기식 안정기에서 인버터식 전자제어장치를 탑재한 전원장치가 선보이고 있으며, 소형 경량화시켜 공급전력의 안정화 제어와 UV 방사량을 상시 모니터링 및 피드백 함으로써 항상 일정한 UV광을 조사하는 자동조광기능과 같이 안정한 경화도막을 얻

기 위한 기능이 탑재되어 있다.

3. UV 계측

위에 이어 UV 경화장치를 이용해 UV경화수지의 경화를 행한 것이, 작업현장에 와서는 피조사물의 조사한 UV광량을 확인하기 위해서 UV 광량계를 이용해 UV광도(컨베이어 타입의 장비의 UV광량측정시 사용, 피크조도)의 적분치에 있는 UV 광량을 계측한다.

UV조도계는 여러 메이커에서 시판되고 있으나 경사 입사특성의 서로 다른점 같은 것에서 동일조건에 계측한다고 해도 다른 표시치를 보일 때가 있기에 UV조도와 UV 광량의 측정치를 기록해 살필 때에는 UV 조도계의 기증명도 함께 기록할 필요가 있다. 특히 UV 경화장치는 UV광원에서 가까운 위치에 피조사물을 조사하게 때문에 측정시 기울어진 입사특성의 영향이 클수도 있다. 또한 UV 광량계에는 UVA, UVB, UVAB, UVC, UVV와 같은 측정파장대가 있어, 측정하고자 하는 파장영역의 수광기(Detector)를 선정하여 측정하여야 하며, UV 방사량에 대한 절대치를 계측하지 못하는 단점이 있으므로, 이점을 감안하여 측정하여야 한다.



그림 5. UV 조도계

4. UV 경화장치의 사례

실제에 사용되고 있는 UV 경화장치에 대해서 아래에 소개한다.

4.1 컨베이어형 UV 경화장치

컨베이어와 일체형으로 인버터식 전자제어 장치를 탑재한 소형 콤팩트한 UV 경화용 컨베이어 시스템(그림 6), 전자부품의 인쇄와 코팅용, 종이 등의 스크린 인쇄용 같은데 사용하는 장치이다.

4.2 입체물 경화용 UV장치

입체 형태의 피조사물에 도포하는 UV 경화수지를 경화하기 위한 장치이다. 그림 5는 곡면(다면)제품의 표면코팅용에 사용하는 시스템이다. 평판에서 입체물까지 온갖 형태의 제품에 대응하기 위해, 여러 개의 UV램프를 각 위치에 배치해 피조사물의 6면 전체를 균일하게 조사한다. 이 UV램프의 개수는 피조사물의 크기와 UV 경화수지의 특성, 생산속도 등을 고려하여 선정된다.

4.3 액정적하공법, 실링 재료 경화장치

올해 대형화된 액정 디스플레이(LCD)는 소형 LCD의 액정셀 조립공정에 따라 2장의 유리 기판 한

쪽에 열경화형 봉인 재료를 도포한 후, 다른 방향의 유리기판과 합해 장시간 가열해서 빈 셀을 만든 후에 셀 안을 강압화해 액정을 주입한다. 그 뒤에 주입구멍은 UV 경화수지로 실링한다.

그렇지만 LCD의 대형화에 따라 액정의 주입시간이 수 시간에서 십 수 시간이 필요해 이 제조방법에는 대응하지 못하게 되었다.

거기에 종래의 문제를 개선한 액정적하공법(ODF법)이 최근 등장했다.

이 공법은 유리 기판의 한 쪽에 UV/열경화형 실링 재료를 형틀에 도포해 이 형틀 안에 액정을 적량 적하한 후, 진공 안에 또한 속의 유리기판과 합해 UV조사에서부터 실링재료를 경화한 후 가열하여 완전 경화하는 공법이다. UV경화에서부터 액정과 액상의 실링 재료의 접촉시간을 짧게 하는 것으로 액정의 변질을 억제하는 것이 포인트이다. 대형 LCD의 생산성이 비약적으로 향상하는 것 외에, 제조공정 수의 감소에도 도움이 된다. 제4세대(주는 730×920 [mm])이상의 대형 LCD의 제조에는 필요불가결적인 기술이다.

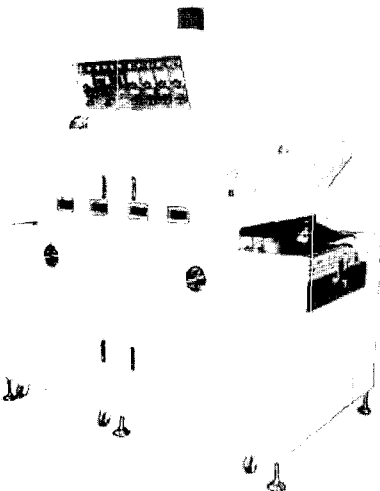


그림 6. 컨베이어부 UV 경화시스템

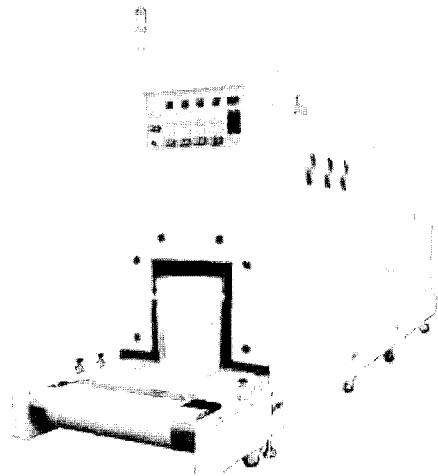


그림 7. 곡면(다면) 제품 UV 경화장치

4.4 스포트형 UV 조사기

광 픽업 렌즈 같은 것의 소형부품 접착용으로 많이 쓰이고 있는 장치이다.

램프는 쏘아크형의 초고압 수은 램프와 메탈헬라이드 램프, 라이트가이드는 석영재의 광화이버를 사용하는 것이 대부분이며, 일반적으로 그림 8과 같은 형태와 같다. 램프에서의 빛을 나오게 할뿐 많은 광 화이버에 입사시키기 위해 보조 거울을 사용하고, 집광에 의한 온도상승을 억제하기 위해 콜드 미러를 2단 사용하는 것이 연구되었다.

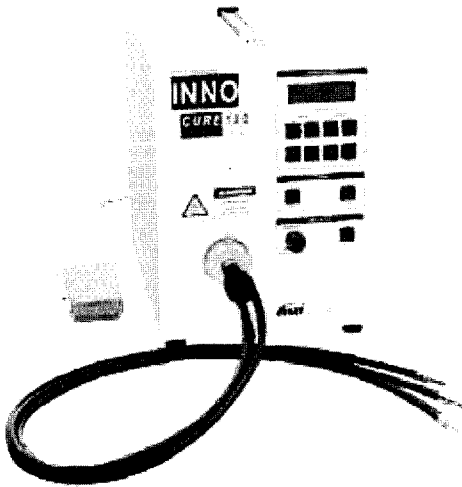


그림 8. 스포트형 UV 조사장치

5. 결 론

UV 경화장치에는 많은 종류 다양한 용도가 있다. UV 조사에서부터 순시의 처리가 있고, UV 경화수지는 무용제로서 환경에 무해한 특징을 가지고 있어 그 특징을 실제에 활용하기 위해서는 UV 경화수지와 UV광원, 피조사물과의 관계등 실제에 충분히 확인 안된 부분까지도 많다.

UV경화기술이 경화장치, 소재, 수지 포물레이션,

가공 프로세서 같은 것의 복합적인 요소 기술에서 이루어진 이상, 일렉트로닉스 분야 등의 기술혁신이 비정상적으로 빠른 가운데 광원장치 메이커에서는 이런 UV경화수지나 기초재료 메이커와 동조하지 않고서는 이 기술을 발전시킬 수 없다.

◇ 저 자 소 개 ◇



김용선(金容善)
조선대 공과대학 전기공학과 졸업. (주) 제일UV 설립. 현재 (주)리트젠 대표이사.



김성하(金星河)
강원대 자연과학대학 물리학과 졸업. 현재 (주)리트젠 기술기획팀장.