

안경 렌즈의 하드코팅에 관한 연구

이지호 , 유동식¹ , 박성애 , 도영웅 , 하진욱*
 순천향대학교 에너지환경공학과
¹경운대학교 안경광학과
 (chejwh@sch.ac.kr*)

A Study on the Hard Coating of Ophthalmic Lens

Ji-Ho Lee , Dong-Sik Yu¹ , Sung-Yae Park , Young-Woong Do , Jin-Wook Ha*
 Energy Environment Eng., College of Eng.,
 Soonchunhyang University,
¹Dept. of Visual Optics, Kyungwoon University
 (chejwh@sch.ac.kr*)

1. 서론

최근 산업사회의 다양한 변화에 따른 안경 사용자의 비율은 날로 증가하고 있다. 이는 인공조명 하에서 독서 또는 근거리 작업을 하거나 유해전파속의 장시간 TV시청, VDT작업 등으로 인하여 급격한 시력저하가 유발되고 있기 때문이다.

2005년 대한안경사협회가 한국궤립조사연구소에 의뢰하여 전국을 대상으로 안경착용률을 조사한 결과 시력교정용 안경이나 콘택트렌즈를 착용한 비율은 44.7%로 1997년 38%, 2002년 44.2%로 매년 증가하는 추세이다.

이와 같이 안경 착용률의 증가에 따라서 안경 렌즈의 중요성이 증대하고 있는데, 현재 국내에 유통되고 있는 안경 렌즈는 거의 대부분 플라스틱이 주종을 이루고 있다. 이것은 유리 렌즈를 사용하였을 경우 고유의 특성(굴절률 : 1.523, 투과율 : 92%, 아베수 : 5835, 비중 : 2.54, 내마모성 :9H)과 비교하여 플라스틱 렌즈(굴절률 : 1.498, 투과율 : 89 ~ 92%, 아베수 : 57, 비중 : 1.32, 내마모성 :4H)는 특성이 떨어지는 결과를 보여주나 비중 낮아 가볍고 유리렌즈 보다 충격에 강한 장점을 갖기 때문에 플라스틱 렌즈가 많이 유통되고 있다.

일반 유리렌즈에서는 표면에서의 반사를 제거하기 위하여 다층막 코팅을 하게 되고, 플라스틱 렌즈에서도 표면반사방지를 위한 다층막 코팅을 한다. 또한 표면강도가 낮은 관계로 강화처리를 하나 최근에는 기능성코팅인 전자파 차폐처리, 원적외선 방사처리 등의 코팅을 한다. 그러나 플라스틱 렌즈 자체 표면의 강도가 약하여 외부로부터의 스크래치 등에 쉽게 코팅막이 손상되는 경우가 발생하여 코팅 막의 수명을 단축시키는 단점을 내포하고 있다.

그리하여 본 연구는 플라스틱 렌즈의 단점을 보완하기 위한 방법 중 안경 렌즈에 하드코팅을 하는데 있어 렌즈에 맞게 부착력을 증가시켜 주는 A-9540(아크릴계바인더)과 내마모성을 증가시켜 주는 LD-5201(알킬알콕시실란)의 최적의 조성비를 찾는 데 목표를 두고 실험을 하였다.

2. 이론

안경 렌즈의 종류로는 재료에 의한 분류로 유리 렌즈와 플라스틱 렌즈가 있다. 유리 렌즈의 종류로는 안경렌즈로 가장 많이 사용되는 표준렌즈인 크라운 유리와 크라운 유리가 있다. 플라스틱 렌즈는 열경화 수지나 열가소성 수지가 주종을 이루고 있으며 유리보

다 약하고 투명성이 떨어지거나 가볍다는 장점을 가진다. 유리 렌즈는 플라스틱 렌즈보다 표면 강도는 강하나 굴절률이 높을수록 반사현상이 있어 이를 방지 위한 반사방지코팅(anti-reflection coating)이 필요하다. 또한 플라스틱 렌즈는 가벼운 반면 표면의 강도가 약하여 하드코팅이 필요하다. 안경렌즈에서 하드코팅은 sol-gel법으로 널리 사용되고 있고 액상에서 가수분해에 의해 졸의 겔화 과정을 거쳐 열처리 과정과 건조과정이 필요하다. plasma 중합반응 공정으로 플라스틱 렌즈에 하드 코팅하는 방법은 silane과 같은 모노머를 아르곤 plasma로 활성화시켜 Si라디칼이 산소와 결합하여 SiO₂로 전환 되면서 코팅된다. 이 방법은 상대적으로 비용이 많이 드는 단점은 있으나 넓은 영역에 걸쳐 코팅의 굴절률 조절이 가능하고 고굴절에서 나타나는 광학적 간섭을 줄이거나 제거할 수 있다. 전자빔을 이용한 고진공을 이용한 코팅은 SiO₂를 기화시켜 코팅하는 방법으로 비용이 많이 드는 단점은 있지만 하드코팅과 연계하여 반사방지코팅이 가능한 것과 내마모성이 우수하다. 안경렌즈의 대량생산에서는 대다수가 비용이 적고 다년간에 걸쳐 기술 축적이 이루어진 sol-gel법 의한 dip 또는 spin공정으로 하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 실험실적으로 적용이 용이한 sol-gel법에 의한 플로우(flow)코팅으로 플라스틱 렌즈의 내마모성과 부착력 조사하였다.

3. 실험

3.1 코팅액 제조방법

하드 코팅액에 따른 내마모성, 부착력, 경도, 내화학적 등의 평가를 수행하기 위해 내마모성을 증가시켜주는 알킬알콕시실란 LD-5201과 코팅액의 부착력을 증가시켜주는 아크릴계바인더인 A-9540, 실리콘 하드코팅제인 S0729-2와 DHC-800 배합비율에 따라 하드 코팅액을 제조하여 CR렌즈에 코팅하였다.

하드코팅액 제조를 위하여 먼저, DHC-800과 S0729-2를 배합을 한 뒤, 정해진 배합 비율에 따라 LD-5201, A-9540을 첨가한 후 교반을 하여 하드코팅액을 제조하였다.

3.2 실험 방법

알코올로 CR렌즈를 세척한 후 80℃ 경화기에서 건조 시킨 후에 코팅액의 조성에 따른 코팅액을 만든다. 그 후 코팅액의 안정화를 위하여 10~15분 정도 방치 후 CR렌즈에 플로우 코팅을 하였다.

80℃ 경화기에서 30분간의 예비 경화 후 바로 120℃ 경화기에서 다시 2시간 동안의 본격화를 한다. 경화 후 렌즈를 실온에서 자연 건조를 시킨 다음 내화학적 테스트, 내마모성 테스트, 연필경도 테스트 그리고 부착력 테스트를 실행한다.

앞의 테스트 결과 적절한 테스트 결과가 나왔을 때, 내열탕성 테스트를 실시한다. 내열탕성 테스트는 80℃의 끓는 물에서 1시간 가열 후 다시 내마모성과 부착력 테스트를 실행한 다음 결과 값의 변동이 없을 경우 다시 100℃의 끓는 물에 10분간 가열 후 재 테스트를 실시한다. 모든 테스트의 결과 적절한 값이 나왔을 때 재현성 테스트를 위하여 같은 조성의 시약을 만들어 여러 차례의 재 실험을 실시한다.

3.3 테스트 방법

내마모 테스트의 경우 steel wool tester로 사용을 하고 400g의 무게로 테스트를 실시하고 테스트 기준은 테스트 결과 그림 2와 같은 스크래치의 양이 1줄 이하일 경우 1등급, 두 줄에서 네 줄 이하일 경우 2등급, 열줄 이하일 경우 3등급으로 나뉘며 연필경도 테스트의 경우 연필경도 측정기 사용 1kg의 무게로 왕복 5회 테스트를 실시하며 테스트 기준은 B부터 9H까지의 연필을 이용하여 스크래치의 기준으로 평가를 한다. 내화학적 테

스트는 acetone, isoprophyl alcohol을 이용한 렌즈표면 화학성 테스트이고 30회 정도를 실시하고 렌즈 코팅면의 손상에 따라 평가를 실시한다.

부착력 테스트는 코팅막에 칼로 100개의 칸을 만든 후 3M 테이프로 10회 떼어내어 테스트를 실시한다. 마지막으로 내열탕성 테스트의 경우 끓는 물 80°C 1시간과 100°C 10분 후 내마모와 부착력 테스트를 실시한다.

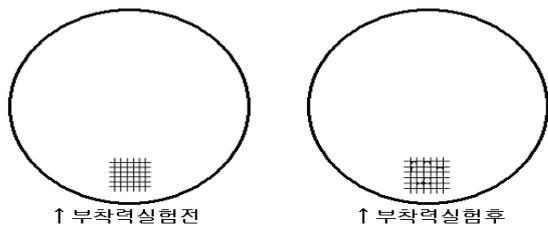


그림 1. 부착력 테스트 방법.

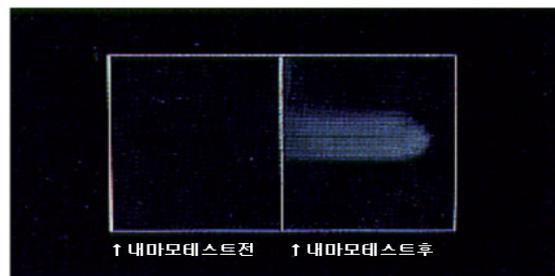


그림 2. 내마모 테스트 기준.

4. 결과 및 고찰

4.1 A-9540의 변화에 따른 비교

A-9540은 하드코팅 층의 부착력을 증가시키게 하는 물질로서 알려져 있고 본 실험에서는 7가지의 함유율변화를 주어 실험을 하였다. 그림 3의 실험 결과에서 보여 지는 것과 같이 함유량의 증가와 함께 전체적인 부착력이 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 실험 7의 결과를 보면 A-9540이 10% 함유 되었음에도 부착력 테스트에서 100% 부착되지 않았는데 이것에 대해서는 추가적인 실험이 수행되어야 하는 것으로 생각되어진다.

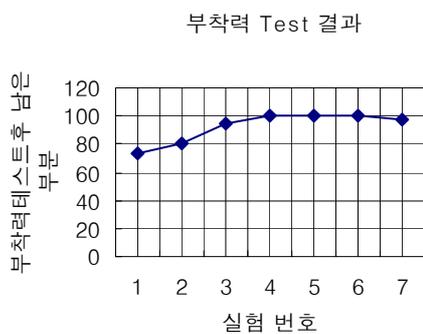


그림 3. 코팅액 배합 시 A-9540의 변화에 따른 부착성 비교

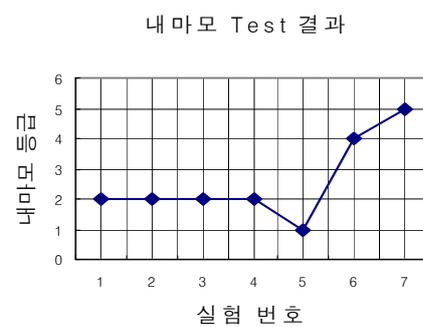


그림 4. 코팅액 배합 시 LD-5201의 변화에 따른 내마모성 비교

표 1. A-9540과 LD-5201의 배합비율

	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4	실험 5	실험 6	실험 7
A-9540	0%	2%	4%	6%	7%	8%	10%
LD-5201	10%	8%	6%	4%	3%	2%	0%

4.2 LD-5201의 변화에 따른 비교

LD-5201은 실험에서 7가지의 함유율 변화를 주어 실험을 하였다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 실험 1에서의 함유 %가 가장 높고 실험 7에서 가장 낮게 실험을 실시한 결과 내마모 테스트 그래프에서 실험 4까지의 변화는 없다가 실험 5에서 1등급의 결과가 나왔고 실험 6,7에서 내마모 등급이 현저히 떨어지는 것을 볼 수가 있었다. 이 또한 추가적인 실험을 수행해야 하는 것으로 생각되어진다.

4.3 A-9540과 LD-5201의 혼합변화에 따른 비교

A-9540과 LD-5201의 상호 호환에 따른 비교를 볼 때 실험 1 ~ 4까지의 실험에서 볼 경우 부착력을 증가시켜주는 A-9540의 혼합이 없거나 적을 경우에도 LD-5201의 성능으로 어느 정도의 부착력이 나오는 것을 알 수 있었고 실험 5의 경우 A-9540 : LD-5201의 비율이 7% : 3%일 때가 가장 성능이 좋게 나왔고 실험 6의 경우 앞의 경우에서 볼 수 없었던 현저한 내마모의 저하를 볼 수 있었다. 실험 7에서는 LD-5201의 혼합이 없어 내마모의 저하를 볼 수 있는 것과 동시에 부착력에도 약간의 영향을 주는 것을 보아 A-9540과 LD-5201의 상호 호환이 이루어진다는 것을 알 수 있었다.

5. 결론

이 실험의 목적은 광학 렌즈를 하드 코팅하여 부착성과 내마모성을 코팅하기 전의 광학 렌즈보다 좋게 하기 위한 최적의 배합 비율을 찾는 데 중점을 두고 실험을 하였다.

현재 우리나라에서 유통되는 플라스틱 렌즈는 표면 강도가 유리렌즈보다 약하기 때문에 렌즈의 내마모성을 증진시키기 위하여 렌즈의 표면에 하드코팅 처리를 필수적으로 하고 있다. 본 연구에서는 고기능성 하드 코팅액 개발 연구의 일환으로 코팅액 배합 비율을 찾는 데 중점을 두고 실험을 하였고 정확성과 재현성을 알아보기 위하여 반복 실험을 수행하였다.

안경렌즈에 코팅액을 코팅 시 코팅기기를 사용하지 않고 사람의 손으로 코팅을 하였기 때문에 코팅 속도에 차이가 있어 물성에 변화를 가져올 수 있어 보다 정확한 데이터를 얻기 위하여 반복적인 실험을 하였다. 이 때, A-9540과 LD-5201의 비율이 7 : 3 일 때 최적의 물성을 얻을 수 있었다. 실험결과, A-9540과 LD-5201은 상호 보완작용을 하는 것으로 보인다.

참고문헌

1. 이원진, "안경렌즈(CR-39)에의 DLC HARD코팅에 관한 연구", 한국안광학회지, 6(1), 87~91(2001).
2. 김종태, 김지홍, 김원호, "전자 빔 증착에 의한 안경렌즈의 박막 코팅에 관한 연구", 한국안광학회지, 18(1), 47~58(2000).
3. 임현선, 지택상, 김봉환, "안경렌즈의 광학적 성능에 관한 연구", 한국안광학회지, 2(1), 31~43(1997).
4. F. Samson, "Ophthalmic lens coating", Surface and Coatings Technology, 81, 79~86(1996).
5. 김상연, "플라스틱 안경렌즈에 관한 고찰", 한국안광학회지, 1(1), 65~72(1996).