

안경렌즈 코팅의 평가 방법에 관한 비교 연구

유동식*, 문병연*, 하진욱**

*경운대학교 안경광학과

**순천향대학교 환경공학과

(2005년 10월 10일 받음, 2005년 12월 13일 수정본 받음)

안경렌즈의 코팅에 대한 평가방법을 검토하였고 렌즈 제조사에서 제공되는 몇 종류의 렌즈에 대해 코팅 평가 하였다. 플라스틱 안경렌즈의 생산은 양적으로 크게 증가 추세에 있다. 하지만 플라스틱 안경렌즈의 경도가 약한 관계로 렌즈 표면의 내구성 향상은 절대적으로 필요하다. 이를 개선하기 위해 코팅 방법을 이용하고 있으며, 안경 렌즈 코팅의 평가는 생산된 렌즈를 무작위로 선택하여 물리적, 화학적으로 평가하고 있지만 투과율 항목을 제외한 부착력, 내마모성, 경도, 내약품성 및 내온수성에 대한 국내 또는 국제적 기준이 없다. 안경렌즈 평가 기준이 아닌 다른 기준에 의해 일부 적용하고 있는 기준은 제품간의 비교가 혼란될 수 있는 관계로 이에 대한 평가 기준이 필요하다.

주제어: 안경렌즈, 코팅, 평가방법, 투과율, 부착력, 내마모성, 경도, 내약품성, 내온수성

I. 서 론

시력보정용 안경렌즈(안경렌즈 또는 렌즈)로 이용되는 광학유리는 1790년 스위스의 P. L. Quinand가 Flint 유리를 처음으로 만들었고 1885년 Ernest Abbe와 Otto Schott가 굴절률이 높고 분산이 적은 새로운 광학유리를 제조하였으며, 현재 대표적인 제조사는 Pilkington, Corning, Scott, Pittsburg Plaste Glass(PPG) 및 Toray 등을 들 수 있다. 광학 플라스틱은 1936년 poly-methyl methacrylate(PMMA)인 Igard렌즈의 시작으로 1940년대 Columbia Southern Chemical사에 의해 개발된 allyl diglycol carbonate인 CR39(Columbia Resin 39)이후 Hoya의 Teslaid에 이르기까지 다양한 형태의 원료로 렌즈가 만들어지고 있다.^[1]

플라스틱 렌즈의 이점은 자외선 흡수(UV absorption), 낮은 파손율(low brittleness), 낮은 비중(low density), 취급 용이성(easy usage) 및 착색성(easy tinting) 등이지만 연성으로 인한 표면의 경도가 약한 결점이 있다. 이

를 보완하기 위해 착용시의 내구성(wear resistance)을 높이는 하드코팅이나 반사율을 줄이기 위한 반사방지코팅이 필요하다.^[2]

국내의 경우 통계청 자료에 의하면 2004년 국내 안경렌즈 총생산량은 5천 580만 개로 보고 있고 플라스틱 렌즈의 비율은 1996년 김^[3]의 연구에서 70~80%로 언급하고 있으나 지금은 이보다 훨씬 높을 것으로 본다. 세계안경렌즈의 시장성은 Essilor사 2004년 보고서에 따르면 8억~8억5천 개 생산에 플라스틱과 유리 렌즈의 비율이 각각 89%와 11%로 플라스틱 렌즈 비율이 증가하는 추세이다. 특히 반사방지막(anti-reflection)코팅 렌즈는 유럽에서는 48%, 미국에서는 19%까지 차지하고 있고 일본에서는 98%로 대단히 높은 비율을 보이고 있으며, 플라스틱 코팅렌즈의 시장성은 더욱 커지고 있다.

안경렌즈에서 표면의 경도가 약한 부분을 보완하기 위하여 안경렌즈의 코팅이 필요하며 코팅된 렌즈의 품질을 테스트하는 방법으로 사용자가 실제 사용한 상태에서 평가하는 것이 용이하지 않다. 따라서 실험실에서 평가되므

로 안경렌즈의 코팅에 대한 평가항목이나 기준이 더욱 중요하며 큰 비중을 차지하고 있다.

특히 시력보정용 안경렌즈에 관한 규격을 보면, 공업규격(KS규격)뿐만 아니라 의료용구로서 기준 및 시험방법을 규정하고 있고, 이 규격의 검사항목은 광학적 요건, 기하학적 허용오차, 외관 및 표면품질에 대한 규격만 있다.^[4] 그러나 플라스틱 렌즈에서 코팅의 중요성이 큰 것에 비해 코팅에 대한 평가항목이나 방법에 대한 규정이나 국내외적으로 없는 실정이다.

본 연구에서는 실험실적으로 적용 가능한 안경렌즈 코팅의 평가항목과 평가방법을 비교 검토하였고 안경사나 렌즈 취급자가 비교적 용이하게 평가가 가능한 항목과 방법을 선택하여 국내 유통되고 있는 안경렌즈를 중심으로 안경렌즈의 코팅을 평가하고자 하였다.

II. 평가 항목 및 방법

본 연구에 적용되는 평가 항목은 ISO(International Organization for Standardization)규격, 한국산업규격인 KS(Korean Standards)규격, 일본공업규격(JIS, Japanese Industrial Standards), 미국표준국(ANSI, American National Standards Institute) 및 미국재료시험협회(ASTM, American Society for Testing and Materials)에서 안경렌즈와 직접 관계되거나 이와 밀접한 관련이 있는 코팅에 대한 주요 평가항목을 기준으로 비교하였다. 렌즈 평가에 사용된 주요기기는 투과율 측정에서는 UV VIS spectrophotometer SPECORD®40으로 하였으며, 내마모성은 내마모성 측정기(국산, K사)로, 경도는 연필경도 측정기(국산, S사)로 평가하였다(그림 1, 그림 2). 렌즈의 두께 측정은 Mitutoyo model ID-S1012로 하였다. 평가에 사용된 렌즈는 굴절률은 1.50~1.55, 광학적 중심의 두께 2.02~2.12mm인 평면렌즈로 총 5종(국산 3종, 외산 2종)에 대해 각각 5개씩 평가하였다.



그림 1. 투과율 측정기(좌)와 내마모성 측정기(우)



그림 2. 연필경도 측정기

III. 결과 및 고찰

1. 안경렌즈 코팅 평가방법 비교

코팅에 관한 평가를 안경렌즈와 관련하여 보면 광학적 평가, 부착성, 내마모성 및 내환경성 등으로 나눌 수 있다. 이를 세분하여 항목별 평가의 방법을 비교 고찰해 본 결과 다음과 같다.

1) 투과율(transmittance)

하드코팅이나 반사 방지코팅은 안경렌즈의 재료와 코팅물질의 경계면이나 공기와 코팅물질의 경계면에서 반사로 인한 렌즈의 투과율에 영향을 주게 되므로 렌즈 코팅 평가의 주요 항목이다. 안경렌즈와 직접 관련된 규정은 ISO 8980-3(2003)과 JIS T7333(2005)이지만 JIS 규격은 ISO의 번역된 규격으로 실제 ISO규격이 기본으로 되어 있다. ANSI에서는 별도 규정이 없고 ASTM D 1003으로 평가한다. 이와 관련된 국내규격은 없는 실정이다. ISO와 ASTM평가 방법을 비교하면 표 1과 같다.^[5,6]

ISO규격은 시력보호용 안경렌즈, 무색렌즈에서 착색, 편광렌즈, 광변색 렌즈까지 적용범위가 넓은 반면 ASTM 규정은 투명 플라스틱에 제한되어 광학플라스틱 렌즈의 재료 물성에만 국한되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 완제품이나 시력보호용 렌즈의 품질평가에서는 ISO규격의 적용이 타당할 것으로 본다.

2) 부착력(adhesion)

코팅된 안경렌즈의 부착력 시험방법은 국내규격이나 ISO규격이 없는 상태이고, 플라스틱 소재 등의 코팅평가에 적용되는 테이프에 의한 방법인 ASTM D3359과 ISO 2409(1992)의 cross-cut 시험법이 있다. 국내규격은 ISO 규격의 기술적 내용 및 규격을 번역한 KS M ISO 2409(2003)로 부착력을 평가한다.^[7,8] 두 방법을 비교하

면 표 2와 같다.

표 1. 투과율측정 평가방법 비교

규격	ISO 8980-3	ASTM D 1003
적용 범위	무색렌즈, 착색렌즈, 광변색 렌즈, 편광렌즈 및 개인 시력 보호용 장치	투명 플라스틱
시험 방법	광투과율, 시감투과율, 편광 렌즈, 자외선 투과율, 편광렌즈, 광변색 렌즈 별로 구분 됨 시편: plano lens 두께: 2.00±0.1mm	시편을 holder에 장착 한 후 자동측정 평면판 시편: 50mm disk
Data	380~780nm와 380~280nm의 투과율	Haze(%) 투과율(%) 산란광선투과율(%)
측정 장비	표준광원 A와 D25(ISO/CIE* 10526)	표준광원 A hazemeter spectrophotometer

*International Commission on Illumination-French title Commission Internationale de l'Eclairage

표 2. 부착력 평가 방법 비교

규격	ASTM D 3359	ISO 2409
적용 범위	금속판 소재의 코팅 평가	경질(금속), 연질(목재 및 플라스틱) 소재의 코팅평가
시험 방법	방법A: X-cut 125µm이상두께 현장 적용 방법B: cross-cut 실험실 적용	절단회수: 6×6 절단간격: 1-3mm 시편: 평편하고 뒤틀림이 없을 것
Data	등급평가 방법 A: 0A, 1A, 2A, 3A, 4A, 5A 방법 B: 0B, 1B, 2B, 3B, 4B, 5B	일어난 표면상태에 따라 0(박리가 없음)에서 1, 2, 3, 4, 5(박리 65%초과)까지
측정 장비	칼, 테이프, 지우개	칼, 투명테이프 확대경

위의 두 방법은 격자 모양으로 칼집을 내어 점착테이

프로 평가하는 동일한 방법이지만 ASTM의 경우 코팅의 두께가 두꺼우면 격자간격은 넓고 격자수는 줄여 시험하고, ISO는 격자수는 6개로 고정하고 두께에 따라 격자간격을 1~3mm로 하고 있다. 안경렌즈의 코팅 두께는 0.5~10µm으로 얇고 시편이 작아 간편하고 신속한 ASTM D 3359를 택한다. 이 방법은 예리한 칼로 1mm간격으로 6×6 또는 1mm 간격으로 11×11로 십자형으로 칼집을 내어 테이프로 부착한 후 급격히 잡아당겨 표면을 평가한다. 그림 3에서와 같은 기준으로 표면의 부착력을 평가한다.

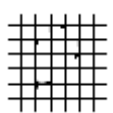
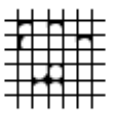
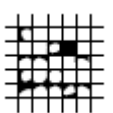
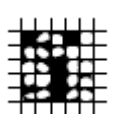
코팅 박리 정도		ASTM 등급	ISO 등급
격자선이 깨끗함		5B	0
	5% 미만	4B	1
	5~15%	3B	2
	15~35%	2B	3
	35~65%	1B	4
65% 초과		0B	5

그림 3. ASTM D3359 및 ISO 2409의 부착력 평가 기준

3) 내마모성(abrasion resistance)

원재료에 기능성을 부여하거나 표면의 물성 개선을 목적으로 한 코팅에서 그 평가 방법은 페인트나 바니시(varnishes)에서는 다양하고 혼한 기준이다. 그러나 안경렌즈 표면의 내마모성에 관한 시험기준은 없는 상태이고 광학 재료에 사용되는 평가 방법은 몇 있으며 이 방법으로 안경렌즈의 코팅의 내마모성을 평가하고 있다. 시험할 렌즈를 여러 파편 조각이 들어 있는 용기 속에 안치시키고 흔들게 되면 파편이 표면을 스치게 되고 그 결과로 표면에 찰상이 생기게 되는 것을 이용한 bayer test, 재료의 연마나 혼합에 사용되는 회전통에 넣어 평가하는

tumble test, 코팅표면을 연필지우개로 문질러 평가하는 eraser test, 코팅표면에 연필 지우개로 각기 다른 속도로 회전시켜 시험하는 taber test 및 철수세미로 표면을 문질러 검사하는 steel wool test 있다. ASTM에서는 투명 플라스틱의 내마모성을 평가하는 방법으로 haze(탁도)측정에 의한 ASTM D 1044와 무게의 변화로 측정하는 ASTM D 4060이 주로 이용되며 이 방법 모두 taber test를 기본으로 한다. 시력보호용 안경렌즈의 표면의 내마모성 평가는 ISO에서 ISO 8980-5 "Minimum requirements for spectacle lens surfaces claimed to be abrasion-resistant" 내용으로 초안 중에 있는 것으로 확인되었고, 안경렌즈에서는 ASTM D 1044와 steel wool 평가를 주로 이용하는데 두 방법을 표 3에 비교하였다.^[9,10]

표 3. 내마모성 평가 방법 비교

규격	ASTM D 1044	steel wool
적용 범위	광학 목적의 투명 재질	하중(load)하에서 코팅의 내마찰성 평가
시험 방법	시편위에 250, 500 또는 1000g의 하중과 wheel의 500회 왕복 후 측정	steel wool #0000 1kg/5회 왕복
Data	마모 정도는 흐림도 변화로 측정(△%haze)	적합 또는 부적합 (적합시 하중과 왕복횟수의 정도) haze %
측정 장비	taber abrasion apparatus abrasion wheels haze meter	steel wool abrader steel wool #0000

1930년대에 도입된 taber test를 근거로 한 ASTM D 1044는 정확성 때문에 급속히 보급되었다. 하지만 이 방법은 haze meter와 같은 추가 장비가 필요하다. Steel wool 평가는 steel wool 상태에 따라 평가가 달라질 수 있어 안정성이 낮으나 오래 동안 널리 사용해 온 간편한 방법으로 안경렌즈 판매나 취급자에 유용하다.

4) 연필경도(pencil hardness)

연필경도 시험은 페인트와 관련된 분야에서 자주 이용된 방법으로 코팅의 찰상성(scratch)과 흠집에 잘 견딜

수 있는지 그 여부를 평가하는 데 이용된다. 이 시험은 비용이 적게 들고 편리성 때문에 광학 플라스틱의 소재나 코팅분야에서 표면의 경도를 평가하는 유용한 방법이다. 이 방법으로 시력 보호용 안경렌즈의 평가에 대한 규격은 마련되어 있지 않으나 대부분의 안경렌즈 제조사들은 이 방법을 사용하고 있다. 관련된 규격으로 ASTM D 3363과 ISO 15184가 있으며 국내에서는 이 규격의 기술적 내용 및 규격을 번역한 KS M ISO 15184(2002)가 있다. 이 두 규격을 비교하면 표 4와 같다.^[11,12]

표 4. 연필경도 평가 방법 비교

규격	ASTM D 3363	ISO 15184
적용 범위	유기성 코팅의 필름 경도 측정	도료나 바니시 도막의 경도 측정
시험 방법	45°의 연필 각도와 하중을 가하고 실험자에게서 6.4mm 멀어지는 방향으로 밀어내면서 측정한다.	연필 각도를 45°로 하고 하중을 증가시켜 측정. 초당 0.5~1mm 속도로 7mm 정도 밀어 내어 측정한다.
Data	(연성).....(경성) 6B·HB-F-H·6H 14등급	(연성).....(경성) 9B·HB-F-H·9H 20등급
측정 장비	연필경도시험기 구성 하중장치 연필 홀더가 없다.	연필경도시험기 구성 하중장치 연필 홀더

ISO는 9B에서 9H까지 20등급, 측정 장비에 연필홀더가 있으며 pencil hardness로 정의하고 있는 반면 ASTM은 6B에서 6H까지 14등급, 연필홀더가 없으며, 응집과 균열이 없이 영구적인 눌림 자국을 갖는 긁기 경도 (scratch hardness)와 긁기 자국과 표면 파열이 있는 가우즈 경도(gouge hardness)로 구분되어 있다. 이 두 규격은 시험 방법이나 등급의 구분에서 기술적으로 약간의 차이를 보이나 내용은 유사하다고 볼 수 있다. 이들 방법은 간편하지만 경도 시험에 사용되는 측정 장비, 하중(load)의 양, 연필 제조사 및 제품이나 동일 제품이라도 생산 batch에 따라 결과가 다를 수 있어 결과 해석 시 조건을 명확하게 해 둘 필요가 있다. 특히 ASTM의 경우 연필 홀더가 없어 측정자의 영향을 받기 쉽다. 연필경도 시험에 적합하다고 알려진 목재형 연필 제조사와 제품으로

는 Faber Castell의 Microtomic, Empire Berol의 Turquoi T-2375, Hardtmuth AG의 KOH-I-NOOR, type 1500 및 Mitsu-Bish의 Uni을 들 수 있다.

5) 내약품성(chemical resistance)

코팅은 원재료(기재)의 표면 개선뿐만 아니라 여러 약품으로부터 기재를 보호하는데 널리 이용되어 왔다. 코팅된 재질이 용매, 부식성 가스, 산 및 염기 등의 화학물질에 노출하게 되면 재질을 약하게 하거나 코팅의 목적을 약화시킬 수 있다. 따라서 이런 환경에서 코팅의 효과를 검증할 필요가 있다. 내약품성에 대한 평가는 기재가 놓이게 되는 환경에 따라 몇 가지로 나눌 수 있으며 표 5와 같다.

표 5. 내약품성 평가 규격 비교

규격	명칭	특징
ASTM D 543	Standard practices for evaluating the resistance of plastics to chemical reagents	cast, mould, lamination 등으로 생산되는 플라스틱 소재
ASTM D 2792	Standard test method for solvent and fuel resistance of traffic paint	탄화수소용매나 가솔린 등에 대한 평가
ASTM D 4752	Test method for measuring MEK resistance of ethyl silicate(inorganic) zinc-rich primers by solvent rub	무기 코팅의 경화 정도를 MEK (methyl ethyl ketone)로 평가
ASTM D 5042	Practice for assessing the solvent resistance of organic coatings using solvent rubs	유기코팅에 대한 평가

플라스틱 소재에 관한 내약품성은 ASTM D 543에 의한 평가가 가능하다. 코팅된 플라스틱의 경우, 가정에 사용되는 화학 물질(세제, 마감제, 초산 등)에 대한 영향 평가는 ASTM D 1308, 용매에 대한 내성은 ASTM D 2792, D 4752, D 5042로 평가 가능하다.^[13] 안경렌즈의 경우 위 평가 규격을 일부 따르기도 하지만 대부분은 변형된 방법으로 평가한다. 측정할 기재를 약품에 적신 천으로

50회 정도 문지르거나 일정 온도와 일정 시간 동안 약품에 침수시켜 표면을 육안이나 광투과율로 평가한다.^[14] 여기에 사용되는 화학약품으로는 MEK, acetone, methanol, ethanol, isopropanol, 헤어스프레이(methacrylate copolymer), 염수, 세제 등으로 할 수 있다.

6) 내온수성(hot water resistance)

렌즈의 수명은 착용자의 주의 여하에 따라 다를 수 있으나 매일착용을 기준으로 코팅된 렌즈의 평균 수명은 2년으로 본다. 이는 미국의 경우 안경처방 유효기간이 2년인 것과 관련지을 수 있는 연한이다.^[2] 안경을 착용하는 동안 여러 환경에 놓이게 되는데 이 중에서도 열적 요소가 중요하다. 특히 안경을 차내에 방치하게 되면 열에 노출되고 접착력의 감소로 수명이 달라진다. 또한 하드 코팅되어 있거나 하드 코팅되지 않은 렌즈를 착색해야 하는 경우 적어도 80℃ 이상에서 몇 십 초 내지 수 분 동안 견딜 수 있어야 한다. 이와 관련된 시험평가가 내온수성이다. 수분과 관계된 코팅의 시험규격으로는 ASTM D 870, D 1735, D 2247, D 4585 및 ISO 2812-2가 있으며 물침지법과 관련된 시험규격 ASTM D 870과 ISO 2812-2를 비교하면 표 6과 같다.

표 6. 내온수성 평가방법 비교

규격	ASTM D 870	ISO 2812-2
적용 범위	상온 또는 승온에서 완전 침수 또는 부분 침수상태에서 코팅된 시편의 평가	도료와 관련된 제품의 단일 또는 도장계의 내수성에서 평가
시험 방법	특정 온도와 시간동안 증류수 또는 탈이온수 침수 시킨 후 측정	40℃, 특정시간 동안 폭기류수(aerated)된 물에 침수 후 측정
Data	색상 변화, 부풀음 정도, 부착력 정도, 연화 정도, 부식성	색상 변화, 부풀음 정도, 부착력 정도, 연화 정도, 부식성
측정 장비	탱크, 온도 조절기, 물 순환기	탱크, 온도 조절기, 물순환기, 폭기조

위 비교 결과 내용면에서 유사하며 시험방법에서 약간의 기술적 차이를 보이고 있다. 코팅된 안경렌즈는 ASTM이나 ISO 시험규격에 의하지 않고 위의 규격보다 신속하고 간략화된 방법으로 실시하는 예가 많다.^[14] hot

plate와 비커를 이용하여 이해 당사자 간의 별도의 규정이나 합의에 의해 결정된 특정 온도와 시간(대체로 80~100°C, 10~30분) 동안 시편을 증류수에 침지시킨 다음 코팅 층의 부착력을 ASTM D 3359(crosshatch)로 평가하거나 벗겨짐(delamination) 및 잔금(crazing) 등을 육안 또는 확대경으로 평가한다.

7) 그 외 평가 항목

그 외 평가 항목으로 건열손상(dry heat, ASTM D 794), 자외선 노출(UV light exposure, ASTM D 4329), 염수(boiling salt water, DIN 58196)에 대한 평가가 있다.¹²⁾ 안경렌즈의 코팅 평가는 실제 사용조건과 직접 관련되어 있는 공식적인 표준화된 접근방법은 없다. 하지만 지금까지 열거된 평가항목과 방법은 가혹 조건으로 간접적인 상관성이 있는 것으로 렌즈코팅의 평가에 이용하고 있다.

2. 유통되고 있는 안경렌즈 코팅의 평가

앞에서 비교된 평가 기준을 바탕으로 안경사나 렌즈 취급자가 현장에서 쉽게 적용 가능하고 경제적으로 평가할 수 있는 방법을 적용하여 국내에 유통되고 있는 안경렌즈 코팅을 평가해 보고 문제점을 검토하여 개선방안을 찾아보았다.

1) 평가항목과 평가방법

안경렌즈 코팅평가를 위한 주요항목과 그 평가 방법은 표 7과 같다.

표 7. 평가항목별 평가방법

항 목	방 법
투과율	$T(\%) = \frac{T\lambda_{400} + T\lambda_{450} + \dots + T\lambda_{750}}{8}$
부착력	Nichiban tape, 3회
내마모성	steel wool #0000, 400g 또는 200g 하중, 7회
연필경도	1kg 하중, 5회
내약품성	적신 천, 50회 문지름
내온수성	아세톤 또는 에탄올, 95~100°C/15분

안경렌즈에 대한 투과율 측정은 ISO 8980-3에 규정된 대로 즉, 380~780nm에서 10nm 이하의 간격을 두고 측정된 값의 평균값으로 결정하면 된다. 그러나 본 연구에서는 기본 요건은 ISO규격에 따르고 측정은 10nm 간격으로 하되 평균값은 50nm 간격으로 하여 부정확성의 가능성을 줄이고 신속함을 우선으로 하여 안경렌즈 코팅 물성평가에 비중을 두었다.¹⁴⁾ 코팅된 안경렌즈의 부착력 평가는 기준이 없는 실정이지만 ASTM D 3359 방법으로 평가해 보았다. 내마모성 평가는 steel wool에 의한 육안 관찰로 급힘이나 흠이 없다면 1등급, 급힘이 3개 이상이면 2등급, 그 외는 3등급으로 구분하여 평가하였다. 연필경도 측정은 KS M ISO 15184 기준하여 평가하였다. 내온수성과 내약품성 평가는 도료 등의 평가방법을 적용하였다. 내온수성 평가는 코팅된 렌즈를 일정온도, 일정시간 침적한 후 코팅 층의 거품, 균열, 벗겨짐을 평가하였고 내약품성에 대한 평가는 평가 대상 약품을 적신 천으로 문지르는 방법으로 안경렌즈 코팅을 평가하였다.

2) 안경렌즈 코팅평가 결과

5종의 25개 렌즈에 대해 평가한 결과 표 8과 같다.

표 8. 안경렌즈 코팅평가 결과¹⁾

구분		D사	C사	S사	H사	H사 ²⁾
투과율 (%)	평균	94.25	94.00	92.91	95.60	92.11
	최대	98.89	97.90	98.82	99.79	93.23
	최소	72.89	79.84	68.51	84.62	88.82
부착력		5B	5B	5B	5B	5B
내마모성	400g	1등급	3등급	2등급	3등급	2등급
	200g	1등급	2등급	2등급	3등급	1등급
연필경도		4H	4H	4H	4H	4H
내온수성		5B	5B	5B	4B	5B
내약품성		통과	통과	통과	통과	통과

- 1) 투과율 항목외의 판단은 렌즈 5개 중 3개 기준으로 판단
- 2) 하드코팅, 그 외 하드와 멀티 코팅

투과율 측정결과 그림 4와 같다. 평균값의 최대가 95.60% 최저가 92.11%로 나타났다. 최소 평균값을 갖는 S사의 경우 하드코팅만 처리된 렌즈(H사)와 비교할 때, 투과율 평균은 유사하지만 최대 투과율은 630nm에서

98.82%로 가장 높고 최소 투과율은 400nm에서 68.51%로 가장 낮았다. 이 결과로 볼 때 평균 투과율만으로 코팅을 평가는 과장별 투과율을 대표하는 것이 아니므로 따라서 코팅의 목적에 따라 가령 단파장 차단, 적외선 차단 또는 대비감도 향상의 목적 등에 따라 평가를 달리 해야 한다고 생각 된다. 결국 평균 투과율과 함께 가시영역별, 자외선 영역별, 원적외선 영역별로 평가하는 것이 바람직하다고 본다.

코팅의 부착력 평가는 그림 5와 같이 테이프에 의한 방법 ASTM D 3359의 방법B로 간단하고 손쉬운 방법으로 평가가 가능하였다.

내마모성 평가에서는 육안이나 확대경으로 등급을 평가하는 것은 주관적 개입이 될 수 있는 방법으로 특히 400g과 200g 하중에 따른 차이를 구분할 수가 없었다. 따라서 평가에서 육안이 아닌 ASTM D 1044 기준과 같이 haze% 측정을 하거나 특정과장에서 투과율 측정방법을 병행하는 것이 좋을 것으로 본다.

연필경도 측정은 빠르고 쉬운 방법이지만 안경 렌즈간에 코팅의 우열을 판단할 수 있는 정도의 정밀한 평가는 아니었다.

내온수성과 내약품성의 평가에서 부착성의 변성여부는 앞서 평가한 ASTM D 3359로 평가 가능하지만 코팅 표

면의 미약한 흠집이나 갈라짐을 평가하는 데는 한계가 있는 방법으로 본다. 특히 내온수성 평가에서는 열과 접촉에 의한 렌즈의 황변색정도 평가항목으로 추가되어야 할 것으로 생각된다.

IV. 결 론

안경렌즈의 코팅에 대한 평가항목과 평가방법을 검토해본 결과 아직 국내외적으로 정해진 규격이 없는 실정이다. 여러 평가항목 중에서 규격으로 정해진 항목은 ISO의 안경렌즈규격 부분에서 투과율 항목만 확인되었다. 그 외 항목은 안경렌즈 소재가 아닌 기관에 코팅이나 페인팅의 평가에 적용되는 규격을 따르거나 별도의 안경렌즈 생산업자의 자체규격으로 평가하고 있다. 본 연구에서 안경사나 렌즈 취급자가 비교적 용이하게 평가가 가능한 항목과 방법으로 렌즈 코팅을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 투과율 측정은 코팅목적에 따라 과장별로 분리하여 평가할 필요가 있다. 부착력 평가는 ASTM D 3359의 방법B로 간단하고 손쉬운 방법으로 평가가 가능하였다. 내마모성 평가에서는 육안이나 확대경으로 등급을 평가하는 것은 주관적 개입이 될 수 있는 방법으로 미세한 차이를 구분할 수가 없었으므로 haze% 측정을 하거나 특정과장에서 투과율 측정방법을 병행하는 것이 좋을 것으로 본다. 연필경도 측정은 신속한 방법이지만 제품의 우열 판단에는 다소 미흡한 방법이었다. 부착력과 코팅면의 안정성을 평가하는 내온수성 평가에서는 코팅표면의 육안관찰 한계영역 밖의 미세한 잔금이나 벗겨짐을 평가하거나 열에 의한 황변색정도 평가대상에 포함되어야 할 것으로 본다. 코팅된 안경렌즈의 유통량이 많음에도 불구하고 이에 대한 규격이 없는 실정이다. 따라서 국내는 물론 국제적으로도 안경 렌즈 코팅에 대한 평가방법의 규격화가 시급하다고 본다.

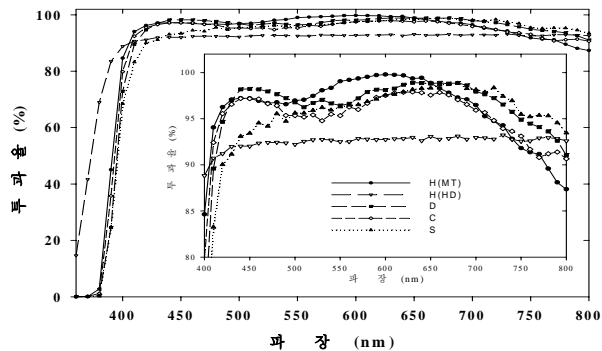


그림 4. 제조사별 투과율

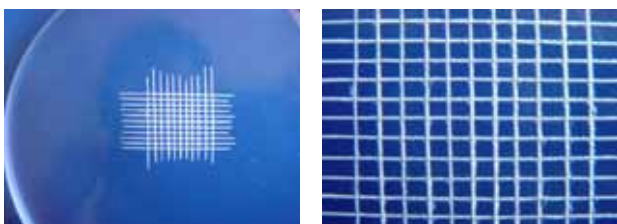


그림 5. 부착력 평가 예(좌측 그림은 우측 확대)

감사의 글

이 논문은 2005년도 교육인적자원부 지방대학혁신역량강화사업인 안경전문인력양성사업단(04-아-C-25)의 지원에 의해 연구되었습니다.

참고문헌

- [1] Kelvin G., Wakefield, "Bennett's Ophthalmic Prescription Work", Butterworth-Heinemann, London, UK, pp.18-21(2000).
- [2] Samson F., "Ophthalmic lens coating", Surface and Coatings Technology, 81:79-86(1996).
- [3] 김상연, "플라스틱 안경렌즈에 관한 고찰", 한국안광학회지, 1(1):65-72(1996).
- [4] 유동식, 문병연, 손정식, "시력 보정용 안경렌즈의 규격에 관한 비교 고찰", 한국안광학회지, 9(2): 397-415(2004).
- [5] ISO 8980-3(2004).
- [6] ASTM D 1003(2000).
- [7] Bernard R., Appleman, et al., "The Inspection of Coatings and Linings", SSPC, pp.393-394 (1997).
- [8] ISO 2409(1992).
- [9] ASTM D 1044(2000).
- [10] 루벤틱스, "유기황-규소산화물 하이브리드, 이를 포함하는 하드 코팅액 및 이를 이용한 하드 코팅 박막의 제조방법", 대한민국 특허등록 10-0401134, (2003).
- [11] ASTM D 3363(1974).
- [12] ISO 15184(1998).
- [13] Dwight G., Weldon, "Failure Analysis of Paints and Coatings", John Wiley & Sons, Ltd, USA, pp.235-237(2001).
- [14] AS Carlson, "A Comparative Study of Anti-reflection Coatings", S. Afr. Optom., 62(3):92-98(2003).

A Comparative Study on Test Methods for Ophthalmic Lens Coatings

Dong-Sik Yu*, Byeong-Yeon Moon*, and Jin-Wook Ha**

*Department of Visual Optics Kyungwoon University

**Department of Environmental Eng. Soonchunghyang University

(Received October 10, 2005 : Revised manuscript received December 13, 2005)

We have surveyed test methods for ophthalmic lens coatings and compared the coating quality of lenses supplied by manufactures. Plastic ophthalmic lenses are produced in increasingly larger volumes. However, their softness have need resistant coatings absolutely essential in most cases. Coating lenses are typically evaluated in physical and chemical properties through random selection from produced lenses. No international standard test methods for ophthalmic lenses exist for issues such as adhesion, abrasion resistance, hardness, chemical and hot water resistance with exception of transmittance. We have learned that there is a great deal of confusion regarding the methods employed in the various tests for ophthalmic coating lenses. For this reason, test methods for ophthalmic lens coatings are needed making all of international or domestic standards available.

Key words: ophthalmic lenses, coating, test method, transmittance, adhesion, abrasion, hardness, chemical resistance, hot water resistance