

초친수 물질을 이용한 안경렌즈 표면의 김서림 방지 연구

노승백
계명대학교 화학공학과
e-mail: rhosb@kmu.ac.kr

A study on the anti-fogging on the surface of ophthalmic lens using super hydrophilic materials

Seung-Baik Rho
Dept. of Chemical Engineering, Keimyung University

요약

코로나 19 이후 마스크 착용에 따라, 안경 착용자들이 안경의 김서림 때문에 불편함을 많이 느끼게 되었다. 이런 불편함을 해소할 방법으로 초친수 물질을 이용한 김서림 방지 연구를 하였다. 안경 렌즈 표면에 초친수 물질로 만든 안경땀이로 닦은 후, 렌즈 표면 변화, 김서림 방지 효과 및 안정성을 측정하였다. 초친수 물질의 표면장력은 20 mN/m에서 30 mN/m사이의 값이었으며, 이 물질로 만든 안경땀이로 닦은 안경 렌즈 표면의 접촉각은 5 도에서 10 도이었으며, 낮은 접촉각으로 인해 김서림 방지 효과가 나타났다. 김서림 방지 효과는 한국산업표준 안경용 흐림 방지제 시험 방법에 따라 시험한 결과, 180초 동안 김서림 방지가 유지된 횟수가 최소 2회에서 8회까지 되었다. 초친수 물질을 이용한 김서림 방지 안경땀이는 마스크를 쓰고 안경을 써야하는 많은이에게, 코로나 19를 극복하는데 큰 도움을 줄 것이다.

1. 서론

코로나-19 상황은 모든 생활 속에서 마스크 착용을 기본으로 하고 있어 일상생활에 불편을 겪는다. 특히 안경을 쓰는 사람들에게는 안경 렌즈 표면에 김서림이라는 추가적인 불편이 발생한다. 이러한 현상은 시야를 가리는 위험 요인이 되어 사고를 유발할 수 있다[1].

김서림 방지제는 계면활성제와 비누를 주성분으로 하는 거품 형태와, 글리콜류 및 알코올을 주성분으로 하는 액체 형태가 있으며, 초친수 액체를 안경땀이에 묻힌 안경땀이천 형태가 있다.

김서림 현상은 표면 특성, 표면과 공기의 온도차, 대기의 습도 및 표면에 부착되어 있는 각종 미세 물질과의 복합적인 요인으로 인해 발생한다. 습도가 높아 수증기를 많이 머금은 공기는 온도가 낮은 표면에 쉽게 응축하여 규칙적인 미세 물방울을 형성한다. 이러한 미세 물방울 형성을 김서림이라 한다. 안경 렌즈 표면에 형성되는 김서림은 공기 중의 수분이 표면에 순간적으로 응결되어 액상으로 부착되는 것이 원인이다. 이렇게 형성된 물방울은 부착습윤(adhesion-

wetting)의 일종이다[2]. 표면 근처의 미세 물방울들 사이에 작용하는 정전기적 반발력은 물방울이 표면에 규칙적으로 배열하여 뿌옇게 되어 시야를 가리게 된다. 안경 렌즈 표면의 표면장력을 낮추어 확장습윤성이 우수하고, 안경표면에 부착력이 좋은 초친수 액체의 농도를 조절하여 김서림 방지액을 제조하였다. 제조한 김서림 방지액을 안경땀이천에 묻힌후 김서림 방지 효과를 연구하였다. 김서림 방지연구를 위하여 고체 표면의 습윤 특성인 접촉각을 이용하였다.

2. 실험

2.1 재료

접촉각을 측정하기 위하여 안경렌즈 성분과 같은 CR-39(allyl diglycol carbonate)를 사용하였다.

김서림 효과를 측정하기 위한 안경렌즈는 멀티코팅 플라스틱 렌즈를 사용하였다.

초친수성 액체를 제조하기 위하여 Duksan Chemical의 Tween40, 도쿄 화학공업(TCI)의 Span20과 Diglycerol, Fluorosurfactant로는 3M Novec FC-5130(Anionic Type, Active 25%)을 사용

하였다.

용매로 에탄올은 Duksan Chemical의 시약급과 이소프로판올은 Daejung Chemical의 시약급을 사용하였다.

2.2 초친수 액체의 제조

초친수 액체는 에탄올, 이소프로판올과 물을 1:1:8의 비로 혼합한 용매 100 ml를 만들고, Table 1에 나타낸 바와 같이 Tween40, Span20과 Diglycol의 양을 각각 다르게 한 용액 A, B, C, D를 위의 용매로 희석하여 제조하였다. 제조된 초친수 액체와 CR-39의 접촉각을 접촉각 측정기로 측정하고, 이 액체를 안경렌즈 표면에 도포한 후 김서림 방지 효과를 확인하였다.

Table 1. Compositions of super hydrophilic solutions

Component(g)	A	B	C	D
Tween40	0.1	0.1	0.2	0.1
Span40	0.2	0.1	0.0	0.1
Diglycerol	0.1	0.1	0.1	0.0

Table 2는 Table 1과 동일하게 만들었으나, 모든 성분에서 fluorosurfactant인 FC-5130을 넣고 접촉각 및 김서림 방지 효과를 확인하였다.

Table 2. Compositions of super hydrophilic solutions with FC-5130

Component(g)	AF	BF	CF	DF
Tween40	0.1	0.1	0.2	0.1
Span40	0.2	0.1	0.0	0.1
Diglycerol	0.1	0.1	0.1	0.0
FC-5130	0.1	0.1	0.1	0.1

2.3 분석방법 및 분석기기

초친수 액체의 FTIR 측정하기 위하여 Thermo Fisher Scientific사의 Nicolet 5700 FTIR (Fourier transform infrared) 기기를 사용하여 스펙트럼 변화를 ATR-FTIR (Attenuated total reflection-Fourier transform infrared) spectroscopy법으로 측정하였다. Germanium (Ge) 결정을 사용하여 $4,000\text{ cm}^{-1} \sim 400\text{ cm}^{-1}$ 범위의 파수(wave number)에서 4 cm^{-1} 분해능으로 128회 스캔하여 측정하였다.

접촉각 측정은 contact angle meter(Model CAM-Micro, Tante Inc.)를 사용하였다. 접촉각은 half angle 방법으로 측정하였다[3].

2.4 김서림 효과 실험 방법

김서림 정도는 초친수 액체를 안경딱이 천에 묻힌 후, 천으로 안경렌즈 표면에 초친수 액체를 도포하고 수증기를 안경렌즈의 도포 면에 닿게 하여 흐림 또는 이슬 맺힘이 생길 때까지의 “반복 횟수”를 측정하였다. 이 실험은 한국산업표준 KS G 3307:2009의 안경용 흐림 방지제 시험방법에 따라 실험하였다[6].

김서림 방지제 조성물로는 초친수 액체의 제조 방법으로 제조한 김서림 방지제 조성을 사용하였다.

실험은 고온(40°C)에서 흐림 방지제의 흐림 방지 성능을 조사하는 방법으로, 안경 렌즈의 한쪽 면에 흐림 방지제를 도포하고, 이 면에 1회당 3분간 수증기를 대어 렌즈 면에 10%이상의 흐림 또는 이슬이 생길 때까지의 “반복 횟수”에 따라 성능을 평가하는 방법이다.

판정은 렌즈 면의 표면적이 약 10%가 흐림 또는 이슬이 맺힐 때까지 반복 횟수로 한다. 최초의 3분간 이내에 흐림 또는 이슬이 생긴 것은 반복 횟수 0회, 2회째의 경우는 반복 횟수 1회, 3회째의 경우는 반복 횟수 2회로 한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 FTIR-ATR 적외선 스펙트럼 측정

초친수 액체(AF, super hydrophilic solutions with FC-5130)에 대한 FTIR-ATR 스펙트럼을 Fig. 1에 나타내었다.

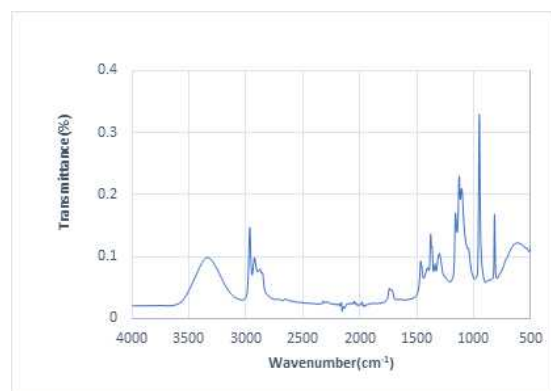


Fig. 1. FTIR-ATR spectrum of overbased calcium sulfonate before conversion.

IR 영역($4,000\text{ cm}^{-1} \sim 500\text{ cm}^{-1}$)에서 나타난 스펙트럼이다. 피크의 Wavenumber 위치는 각각 $3,300\text{ cm}^{-1}$, $2,940\text{ cm}^{-1}$, $2,860\text{ cm}^{-1}$ 인데, 이 세 피크는 C-H bonding에 의한 피크로 여겨진다. Wavenumber 위치가 $1,735\text{ cm}^{-1}$ 인 피크는 C=O bonding에 의한 피크로

여겨지며, 각각 Wavenumber $1,650\text{cm}^{-1}$, $1,510\text{cm}^{-1}$ 에 있는 피크는 C=C bonding에 의한 것으로 여겨진다. 또한 $1,195\text{cm}^{-1}$ 에서 관찰되는 피크는 CF₂ bonding에 의한 흡수 봉우리로 여겨진다.

그러므로 사용한 안경렌즈에 도포된 초친수 액체 도포막은 C-H bonding, C=O bonding, C=C bonding, CF₂ bonding으로 이루어져 있으리라 여겨지며 일반적으로 발수코팅에서 많이 쓰는 CF₂와 같은 유기불소를 함유하고 있을 것이다. 이에 관한 자세한 연구가 앞으로 진행되어야 한다고 여겨진다.

3.2 초친수 액체의 접촉각 측정

Fig. 2는 CR-39(allyl diglycol carbonate)표면에 에탄올, 이소프로판올과 물을 1:1:8의 비로 혼합한 용매 100 ml에 Tween 40, Span 20의 농도를 각각 증가시키면서 접촉각을 측정한 결과이다. Tween40, Span20 각각의 농도를 0.01 g(100 ppm)에서부터 0.13 g(1300 ppm)까지 증가시키면서 접촉각을 측정한 결과를 나타내었다. Tween40, Span20 각각 1000 ppm 보다 높은 용액이 될 때에 표면에 용액이 퍼져나가 접촉각은 5도 이하로 더 이상 측정할 수 없었다. 100 ppm에서 1000 ppm까지는 2차 함수적으로 접촉각이 감소하다가 1000 ppm 이상이 되면 접촉각은 5도 이하가 되어 측정할 수 없었다.

따라서, Tween40, Span20의 농도가 1000 ppm 이상이 되면 완전 확장(퍼짐) 현상이 일어난다. 따라서 Tween40, Span20의 농도를 1000 ppm 이상으로 유지시키는 것이 김서림 방지를 위한 초친수 액체를 만드는 데 중요한 역할을 한다.

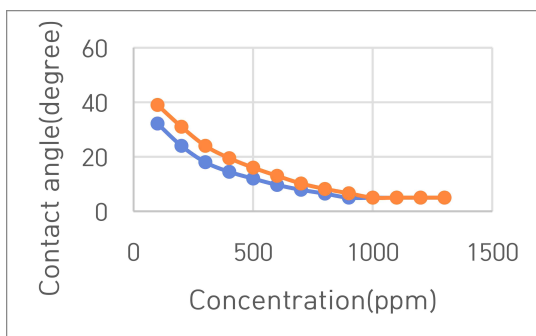


Fig. 2. Contact angle according to the surfactant concentration on the CR-39.

Fig. 3는 CR-39 표면에 에탄올, 이소프로판올과 물을 1:1:8의 비로 혼합한 용매 100 ml에 각각 A, B, C, D를 첨가하여 접촉각을 측정한 결과이다. A, B는 접촉각이 5도 이하이지만 C는 접촉각 10도가 되었다.

이것은 한 종이 문인 것으로 사료된다.

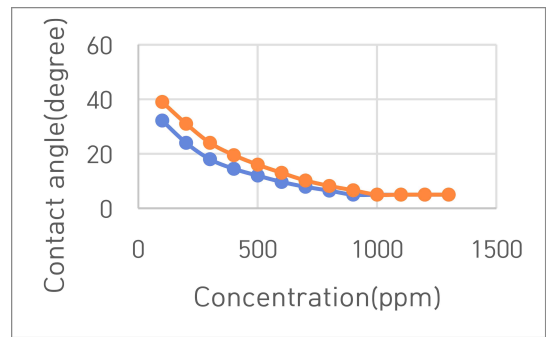


Fig. 3. Contact angle according to the surfactant concentration on the CR-39(allyl diglycol carbonate).

Fig. 4는 CR-39 표면에 에탄올, 이소프로판올과 물을 1:1:8의 비로 혼합한 용매 100 ml에 각각 AF, BF, CF, DF를 첨가하여 접촉각을 측정한 결과이다. AF, BF는 접촉각이 CF는 접촉각이 문인 것으로 사료된다.

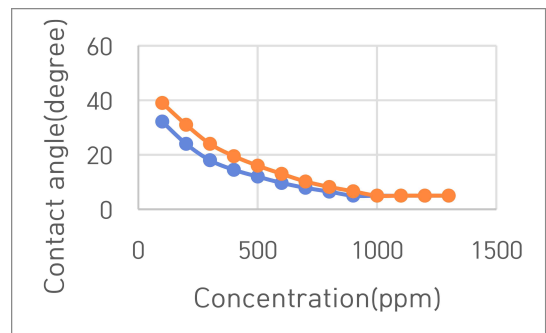


Fig. 4. Contact angle according to the surfactant concentration on the CR-39(allyl diglycol carbonate).

3.3 김서림 효과

안경렌즈 표면의 김서림 효과는 한국산업표준 안경용 흐림 방지제 시험방법에 따라 실험하였다[4].

이번 실험의 모든 경우에 반복횟수가 증가함에 따라 안경 표면에 도포된 김서림방지 조성물의 농도가 수증기 때문에 낮아져 김서림 효과가 줄어들었다. 이는 초친수 김서림 방지제로 인한 안경 렌즈 표면에 형성된 친수성 막이 안경의 원래 상태인 소수성 표면으로 변했음을 의미한다.

김소라등[5]은 안경 렌즈에 물리적, 화학적 자극이 반복적으로 가해졌을 때, 김서림 시간 변화 및 손상된 렌즈 표면의 안정성 여부를 측정하였으나, 이런 방법에 의해서는 김서림 방지시간이 60초에서 최대 80초까지 유지되었다. 그러나 본 실험에서 제조한 초친수

참고문헌

- [1] P. Wagner, "Anti-fog additives give clear advantage. Plastics, Additives And Compounding", 3(11), pp.18-21, 2001.
- [2] A. W. Adamson, "Physical Chemistry of Surface", pp.379-394, Wiley, 1982.
- [3] C. J. van Oss, "Interfacial Forces in Aqueous Media", pp.399-430, Dekker, NY, 1994.
- [4] 한국산업표준, 안경용 흐림 방지제 시험방법 (Methods of antifogging agent test for spectacle lens Methods of anti-fogging test for spectacle lens), KS G 3307, 2009.
- [5] So Ra Kim, Ji Yoon Kim, Ka Young Kim and Mijung Park, "The Effect of Physical and Chemical Stimuli on Ophthalmic Lens Coatings", J. Korean Oph. Opt. Soc., 16(3), pp.237-245, September 2011.

김서립 방지제를 안경 렌즈 표면에 도포한 경우에는 180초 동안 김서립 방지가 유지된 횟수가 최소 2회에서 8회까지 되었다.

Table 3은 초친수 김서립 방지제 A, B, C, D의 반복횟수를 나타낸다. Diglycerol은 -OH 기가 많아 초친수 김서립 방지제를 안경 렌즈 표면에 잘 흡착시키는 성질을 가졌으나, 계면활성제와 같이 공기 중에서 확장습윤성을 갖지 못하여 반복횟수가 가장 낮은 것으로 사료된다.

Table 3. Number of repetitions according to compositions of super hydrophilic solutions

Super hydrophilic solutions	Number of repetitions
A	5
B	3
C	2
D	2

Table 4는 초친수 김서립 방지제 FA, FB, FC, FD의 반복횟수를 나타낸다. Table 4의 모든 용액에 FC-5130을 넣었으며, FC-5130은 Fluorosurfactant로 일반적인 계면활성제인 Span20과 Tween40 보다는 접촉각을 더 낮추는 성질이 있는 물질로 Table 3의 계면활성제로만 만들어진 김서립 방지제보다 반복횟수가 커서 확장습윤성이 더 좋은 것으로 사료된다.

Table 4. Number of repetitions according to compositions of super hydrophilic solutions with FC-5130

Super hydrophilic solutions	Number of repetitions
FA	8
FB	6
FC	5
FD	3

4. 결론

Tween40, Span20, Diglycerol과 FC-5130를 사용하여 초친수 김서립 방지제를 만들었으며 접촉각과 김서립 효과가 어떻게 변화되는지를 알아보았다.

접촉각을 측정한 결과 김서립 방지 조성물의 농도가 1000 ppm 이상인 경우에 접촉각이 5도 이하로 습윤확장이 일어나는 것을 알 수 있었다. 김서립 방지 효과는 한국산업표준 안경용 흐림 방지제 시험방법에 따라 실험한 결과, Tween40, Span20, Diglycerol과 FC-5130를 각각 180초 동안 김서립 방지가 유지된 횟수가 8회로 일상생활에서 하루에 한번정도 김서립 방지제로 안경을 땀으면 더 이상 김서립이 생기지 않아 하루동안 사용하기에 충분함을 알 수 있었다.