

PV 모듈 커버글라스 오염방지 코팅의 열처리 특성분석

Characteristics of Annealing Properties of Anti-pollution Coatings for the Cover Glass of PV Module

정 세 진* · 임 윤 식** · 김 정 현*** · 최 원 석†
(Sejin Jung · Yonnsik Lim · Junghyun Kim · Wonseok Choi)

Abstract - In this study, the characteristics of anti-pollution coatings on glass substrates through annealing treatment were investigated. To investigate the change of properties by coating method and number of annealing treatment, after the anti-pollution coating was performed on the surface of glass substrate in three ways, the annealing treatment was performed by setting three kinds of annealing treatment conditions. The annealing treatment method is a torch using gas, which is advantage in that it can be installed directly on the site in an easy way compared with a annealing treatment process which is generally difficult. The anti-pollution properties, contact angle, transmittance, hardness, and adhesion of films on glass substrate were measured under 9 conditions of combination of coating methods and annealing treatment conditions. It was confirmed that as the number of annealing treatment increases, the anti-pollution property of the film synthesized on glass substrate becomes better.

Key Words : PV module, Cover glass, Self-cleaning, Anti-pollution coating, Hydrophilic

1. 서 론

신재생 에너지원으로서 태양광 발전은 가장 친환경적인 발전 방식이다[1-3]. 옥외에 설치된 태양광 모듈은 동물의 배설물, 황사, 강우퇴적물 등 다양한 오염물질에 노출되어 있으며 이러한 오염물질이 태양광 모듈 표면에 부착되면 입사되는 태양광이 감소되어 발전효율을 저하시키므로 주기적인 관리가 필요하다[4, 5]. 대단위 태양광발전소의 경우 주기적으로 청소가 가능한 청소로봇을 설치하거나 자동 물분사기를 설치한 경우도 있으나 기기 자체의 잔 고장으로 인해 보급되지 못하고 있으며 현시점 대표적인 오염원 제거 방식은 인력투입에 의한 세척방식이다. 자연강우를 이용하여 자체적으로 쉽게 오염물질이 제거될 수 있다면, 태양광 모듈의 표면 세정에 있어서 유지 보수의 비용이 감소하여 경제성을 크게 제고할 수 있다. 또한 코팅 기술이 시공에 있어서 간편하게 적용될 수 있고, 사용자가 직접 시공할 수 있을 정도로 시공의 난이도가 쉬워진다면 기존 시공의 문제점인 유지보수와 시간 면에서 경제성 문제가 해결될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 태양광 모듈 커버글라스에 간편한

시공을 위한 오염방지 코팅 기술을 제안하고자 한다. 태양광 모듈 커버글라스와 소재가 같은 유리 기판을 사용하여 오염방지 코팅을 수행한 후 열처리를 각각 1회, 2회 그리고 3회 진행하였고 이 때 열처리의 신속하고 간편한 공정을 위해 일반적으로 사용하는 소성로 대신 Torch를 사용하여 열처리를 수행하였다. 공정 후 오염방지 특성, 접촉각, 광투과율, 경도 및 표면 부착력을 측정하여 열처리를 통한 오염방지 코팅 조건을 최적화하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

태양광 모듈 커버글라스와 같은 소재인 유리 기판을 선택하여 시편을 제작하였다. 유리 기판에 코팅하기 전 유리 기판을 아세톤(Acetone), 메탄올(Methanol) 그리고 증류수(D.I. water) 순으로 각각 10분 동안 초음파 세척을 한 후 질소가스로 건조하였다. 사용된 오염방지 코팅용액의 성질은 무기질로 실리카(SiO_2), 리튬(Lithium), 칼륨(Kalium)등으로 이루어져 있다. 물질의 점성은 1~3 cPa·s이고, 밀도는 1.1 g/cm^3 이며, 비중은 1.13 ± 0.05 로 금속, 세라믹 및 유리 등 다양한 기판에 코팅이 가능하다.

코팅용액은 스프레이 코팅(Spray coating), 브러시 코팅(Brush coating), 천 코팅(Fabric Coating)을 이용하여 3가지 방식으로 코팅되었고, 부탄가스를 사용하는 토치(Torch)로 열처리를 1회, 2회, 3회의 경우로 수행하였다. 토치는 유리 기판에서 15 cm의 간격을 두고 2분간 열처리하였다. 열처리가 반복되는 2회, 3회의 경우 반복되기 전 10분간 상온까지 냉각한 후 열처리를 반복하였다. 코팅 방식과 열처리 횟수의 조합으로 총 9가지의 조건에서 유리 기판위에 코팅되었다.

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Hanbat National University, Korea
E-mail : wschoi@hanbat.ac.kr

* Dept. of Electrical Engineering, Hanbat National University, Korea

** Yeosu Institute of Technology, Korea

*** Dept. of Advanced Materials Engineering, Hanbat National University, Korea

접수일자 : 2017년 10월 31일

수정일자 : 2017년 11월 20일

최종완료 : 2017년 11월 28일

접촉각 측정에는 S.E.O.사의 Phenix 300 Touch를 사용하였다. 경도 측정에는 미국 재료시험학회 측정 방법인 ASTM D3363으로 CORE TECH사의 경도측정기를 사용하였고, 부착력 특성은 미국 재료시험학회 표면 접착력 측정 방법인 ASTM D3359로 Mitsubishi사의 H-9H, HB 및 B-5B를 사용하였다. 광학 특성분석에는 Scinco사의 S-3100 UV-visible을 사용하였다. 공정된 유리 기관의 오염방지 특성을 측정하기 위해 유성매직펜을 표면 위에 긁고 7 cm 위에서 증류수를 6방울 떨어뜨려 그 결과를 측정하였다.

2.2 결과 및 고찰

코팅 방식과 열처리 횟수에 따른 9가지 경우의 접촉각을 그림 1에 정리하였다. 스프레이로 코팅한 경우 열처리를 1번 수행했을 때 측정된 접촉각이 29.1°에서 열처리를 3번 수행했을 때 13.6°까지 감소한 것을 볼 수 있고 그 외의 코팅 방식 또한 열처리를 1번 수행했을 때에 비해 3번 수행했을 때 접촉각이 감소하는 경향을 보였다. 이는 열처리의 횟수가 증가할수록 접촉각이 감소하는 사실을 알 수 있다.

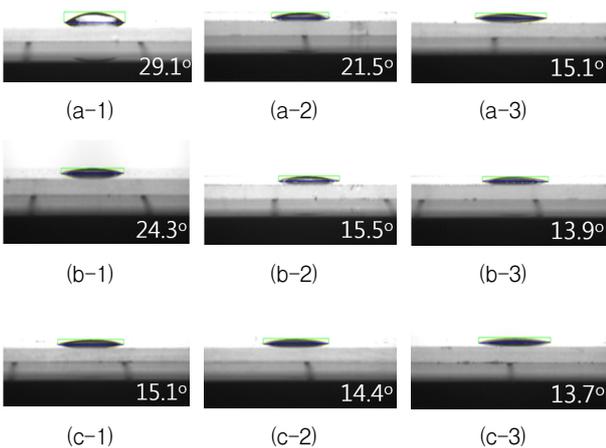


그림 1 열처리된 오염방지 코팅의 접촉각, (a-1, 2, 3) 스프레이 코팅된 기관에 열처리 1, 2, 3회, (b-1, 2, 3) 브러시 코팅된 기관에 열처리 1, 2, 3회, (c-1, 2, 3) 천 코팅된 기관에 열처리 1, 2, 3회

Fig. 1 Contact angle of substrate after annealing treatment, (a-1, 2, 3) Annealing treatment 1, 2 and 3 times on spray-coated substrate, (b-1, 2, 3) Annealing treatment 1, 2 and 3 times on brush-coated substrate, (c-1, 2, 3) Annealing treatment 1, 2 and 3 times on fabric-coated substrate

그림 2는 동일 조건에서 실험을 5번 반복하여 측정된 값의 평균값을 나타낸 그래프로 반복 실험에 의한 오차 범위를 포함한 것이다. 그래프에서 3가지의 코팅 방식 모두 열처리를 3회 하였을 때 접촉각이 평균적으로 15° 미만으로 우수한 친수성이 나타남을 알 수 있다. 특히 스프레이 코팅으로 열처리를 3회 수행할 때 제일 낮은 접촉각인 13.6°를 보여주고 있다.

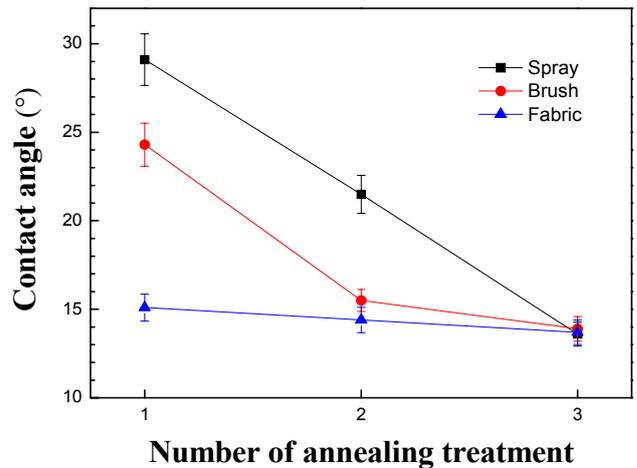


그림 2 열처리 횟수에 따라 측정된 접촉각의 평균값

Fig. 2 Average contact angle measured according to annealing treatment number

그림 3은 동일 조건에서 실험을 5번 반복하여 측정된 값의 평균값을 그래프로 나타낸 것으로 반복 실험에 의한 오차 범위를 포함하고 있다. 이 그래프는 코팅 방식과 열처리 횟수에 따른 9가지 경우의 광투과율 평균값을 보여주고 있다. 열처리의 횟수가 증가할수록 투과율도 증가하며 특히 천 코팅 후 열처리를 3회 수행하였을 때 98.3%까지 우수한 광투과율을 나타내고 있다. 이는 열처리의 횟수가 많아질수록 불순물 제거와 결정성 향상에 도움을 주어 광투과율이 높아진 영향으로 판단된다.

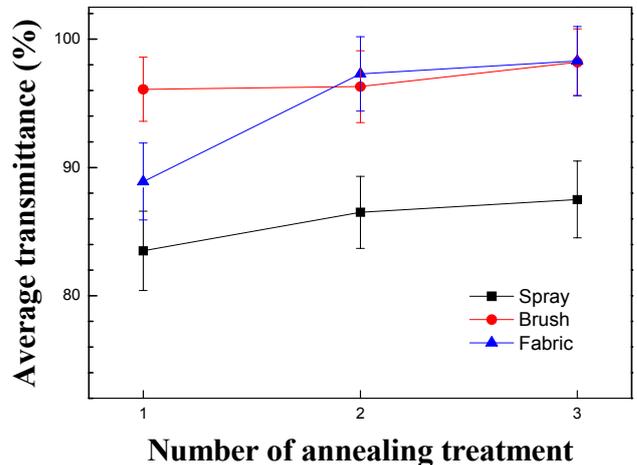


그림 3 열처리 횟수에 따라 측정된 투과율의 평균값

Fig. 3 Average transmittance measured according to annealing treatment number

3가지 코팅 방식과 열처리 횟수에 따라 공정된 유리 기관의 자기 세정 특성을 그림 4에 정리하였다. 유리 기관 표면에 유성매직으로 표시하여 20분 후 자연 건조된 것을 확인하고 증류수를 떨어뜨려 오염물질의 파괴 정도를 파악하였다. 열처리의 횟수가 증가할수록 오염 물질의 파괴가 강하여

자기 세정 효과가 높아지는 것을 알 수 있다. 특히 그림 4의 (b-3)는 브러시 코팅에 열처리가 3회 수행된 것으로 우수한 자기 세정 효과를 나타냈다.

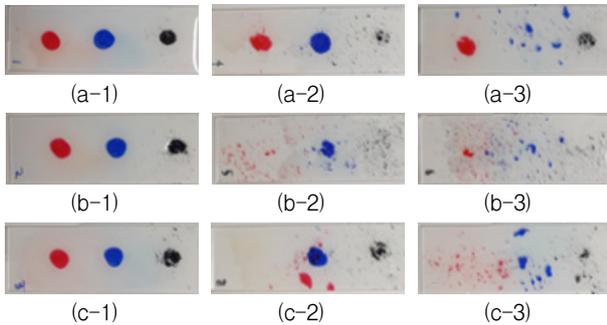


그림 4 열처리가 수행된 유리 기판의 오염방지 특성, (a-1, 2, 3) 스프레이 코팅된 기판에 열처리 1, 2, 3회, (b-1, 2, 3) 브러시 코팅된 기판에 열처리 1, 2, 3회, (c-1, 2, 3) 천 코팅된 기판에 열처리 1, 2, 3회

Fig. 4 Anti-pollution properties of glass substrates subjected to annealing treatment, (a-1, 2, 3) Annealing treatment 1, 2 and 3 times on spray-coated substrate, (b-1, 2, 3) Annealing treatment 1, 2 and 3 times on brush-coated substrate, (c-1, 2, 3) Annealing treatment 1, 2 and 3 times on fabric-coated substrate

경도는 미국재료시험학회 측정 방법인 ASTM D3363으로 측정하였다. 측정 결과 9가지 조합 모두 9H 등급의 우수한 경도 특성을 나타내었다. 표면 부착력 측정은 미국 재료시험학회 표면 부착력 측정 방법인 ASTM D3359 방법을 사용하였다. 부착력 측정 결과 코팅된 유리 기판 모두 5B 등급의 우수한 표면 부착력 특성을 나타내었다. 오염방지 코팅을 수행하고 열처리 한 후 측정된 특성을 최종적으로 표 1과 표 2에 정리하였다.

표 1 태양광 모듈 커버글라스의 오염방지 특성과 접촉각
Table 1 The anti-pollution characteristics and contact angle of cover glass of PV module

Coating Process		Characteristics	
Coating Method	Annealing Treatment	Anti-pollution	Contact angle
Spray	1 time	Normal	29.1°
	2 times	Good	21.5°
	3 times	Very Good	15.1°
Brush	1 time	Normal	24.3°
	2 times	Very Good	15.5°
	3 times	Very Good	13.9°
Fabric	1 time	Normal	15.1°
	2 times	Good	14.4°
	3 times	Very Good	13.7°

표 2 태양광 모듈 커버글라스의 투과율과 경도 그리고 부착력

Table 2 The transmittance, hardness and adhesion of cover glass of PV module

Coating Process		Characteristics		
Coating Method	Annealing Treatment	Transmittance	Hardness	Adhesion
Spray	1 time	83.5%	9H	5B
	2 times	86.5%	9H	5B
	3 times	87.5%	9H	5B
Brush	1 time	96.1%	9H	5B
	2 times	96.3%	9H	5B
	3 times	98.2%	9H	5B
Fabric	1 time	88.9%	9H	5B
	2 times	97.3%	9H	5B
	3 times	98.3%	9H	5B

3. 결 론

본 연구에서는 태양광 모듈 커버글라스와 같은 소재인 유리 기판 위에 오염방지 코팅 물질을 3가지의 코팅방식으로 코팅한 후 열처리 횟수를 달리하여 수행한 특성 변화를 확인하였다. 열처리의 횟수가 증가할수록 우수한 접촉각 및 투과율 특성을 확인하였으며 오염방지 특성분석 결과 브러시 코팅으로 열처리를 3회 수행하였을 때 가장 우수한 오염방지 특성을 가졌음을 확인하였다. 경도 및 접착력 특성분석 결과 모든 시편에서 우수한 기계적 특성을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 본 논문에서 제안한 코팅 공정을 태양광 모듈 커버글라스에 적용하였을 경우 오염방지 특성이 향상되어 태양광 모듈의 입사량을 증가시켜 발전효율을 향상시킬 수 있으며 열처리 단계에서 과정이 신속하고 간편함과 동시에 모듈이 설치된 현장에서도 시공을 할 수 있다는 점에서 적용성이 뛰어나 유지보수 및 시간 면에서 경제성이 향상될 것을 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 한국전력공사 전력산업기초연구개발사업(R17XA05-01)의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

[1] V. V. Tyagi, Nurul A. A. Rahim, N. A. Rahim, and Jeyraj A./L. Selvaraj, "Progress in solar PV technology: Research and achievement," *Renew. Sust. Energ. Rev.*, vol .20, pp. 443-461, 2013.

[2] F. Cao, K. Chen, J. Zhang, X. Ye, J. Li, S. Zou, and X. Su, "Next-generation multi-crystalline silicon solar cells: Diamond-wire sawing, nano-texture and

high efficiency,” *Sol. Energ. Mat. Sol. C.*, vol. 141, pp. 132-138, 2015.

- [3] P. G. Jordan, “The Solar Labor Market—Efficiencies and Productivity,” *Solar Energy Markets*, pp. 111-126, 2014.
- [4] Hyunil Kang, Seung Kwon Shin, Hyungchul Kim, Yonnsik Lim, Youngsik Yoo, Yeun-Ho Joung, Junghyun Kim, Won Seok Choi, “Characteristic Analysis of Functional Nano-coating Films Synthesized according to the Annealing Ambient and Fabrication of Anti-pollution PV Module,” *Trans. Korean Inst. Electr. Eng.*, vol. 64P, pp. 182-186, 2015.
- [5] J. H. Choi, K. S. Kim, G. H. Hwan, G. J. Yu, I. S. Kim, “The effect on Electrical Characteristics according to the Pollution of the Field Exposed PV Modules,” *proceeding of the KIEE Summer Conference*, pp. 1322-1323, 2011.



김 정 현(金正顯)

2009년 한국과학기술원 기계항공시스템 학부 공학박사. 2009~2011년 University of St. Andrews, Research Fellow 2011년~현재 한밭대학교 공과대학 신소재공학과 부교수

E-mail : jhkim2011@hanbat.ac.kr

저 자 소 개



정 세 진(鄭世珍)

2014~한밭대학교 전기공학과 석사과정
E-mail : fractochamel@naver.com



최 원 석(崔源錫)

2006년 성균관대 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사), 2006~2007년 플라즈마 응용 표면기술연구센터 박사후연구원, 2007년~현재 한밭대학교 정보기술대학 전기공학과 교수



임 윤 식(林潤植)

1998년 성균관대 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사), 1993년 에너지관리공단 근무, 1998년~현재 여주대학교 전기과 부교수
E-mail : elecys@yit.ac.kr