

EVA Sheet의 Gel Content가 태양전지모듈의 내구성에 미치는 영향

강기환¹, 박지홍¹, 김경수, 유권중, 안형근¹, 한득영¹

¹한국에너지기술연구원 태양광발전연구단, ¹건국대학교 전기공학과

The Effect of EVA Sheet Gel Content on Photovoltaic Modules Durability

Gi-Hwan Kang¹, Chi-Hong Park¹, Kyung-Soo Kim, Gwon-Jong Yu, HyungKeun Ahn¹, Deuk-Young Han¹

¹Korea Institute of Energy Research, ¹Konkuk University

Abstract : In this paper, we studied the influence of EVA sheet gel content on photovoltaic module durability. Depending on thermal curing temperature and time during lamination, there are dramatic changes on chemical and physical characteristics. To find the optimum PV module process condition, Glass/EVA/Back Sheet scheme was made. Gel Content, FT-IR spectrum and SEM were used for the detail analysis. From these results, 110°C/6min and 130°C/4min lamination condition could be suggested for the best one for durable PV module processing. The further analysis is described in the following paper.

Key Words : EVA(Ethylene Vinyl Acetate), Photovoltaic Module, Gel Content, Durability

1. 서론

태양광 모듈의 제조단가에 약77%를 차지하는 태양전지는 이를 외부로부터 안전하게 보호해주는 태양광 모듈의 내구성에 더 큰 영향을 받게 된다. 즉 모듈의 내구성이 없이는 10년 20년 이상의 제품에 대한 품질보증이 어렵게 된다. 태양광 모듈의 내구성에 대한 확실한 검증이 없으면 태양광발전의 미래는 밝지 못하다.

태양광 모듈이 외부 환경에서 발전하게 되면 온도, 습도, 자외선으로 인하여 태양전지 표면 및 전극의 열화현상으로 셀 효율의 감소가 나타나고 EVA Sheet의 불균일한 백화현상으로 인하여 열화현상의 가속이 일어나게 된다.

EVA Sheet의 Discoloration은 환경시험으로 태양광 모듈 제조 초기에 발견되기 어려운 부분이다.

본 연구에서는 태양광 모듈 제조 공정에서의 가장 핵심 장비인 Laminator에서 EVA Sheet의 Curing 온도 및 시간에 따른 Gel Content를 분석하고 이를 바탕으로 태양광 모듈의 화학적, 물리적 내구성을 분석하였다.

2. 실험

본 연구에서는 ETIMEX사에서 생산된 두께 0.4mm Fast Cure용 EVA(Ethylene Vinyl Acetate) sheet를 사용하여 Lamination 공정 조건에 따른 Gel Content, FT-IR 및 SEM 등 화학적, 물리적 특성을 분석하였다.

표 1은 본 실험에서 사용된 EVA Sheet의 Curing 공정 조건을 보여주고 있다.

이때, Lamination 시간과 온도는 각각 6분씩 모두 동일하게 하고, Curing 온도와 동일하게 하였다.

표 1의 Curing 조건에 따라 EVA sheet의 Gel Content를 측정하기 위해서 각각 시료마다 2g의 EVA를 채취한 후 톨루엔(Toluene)용액 100ml에 담고 Hot Plate에서 60°C

온도로 약 3시간동안 가열하였다. 그 후, Gel 함량을 측정하기 위하여 Gel을 필터링한 후 60°C Convection Oven에서 약 4시간동안 건조하였다. 이때, 초기 채취된 EVA와 건조된 EVA의 무게 비를 산출하여 Gel Content를 측정하였다.

표 1. EVA Sheet의 Lamination조건

	Curing 시간 (min.)	Curing 온도(°C)		
		110	130	140
	2	A-1	B-1	C-1
	4	A-2	B-2	C-2
	6	A-3	B-3	C-3

또한, BOMEM사의 FT-IR(MB154)를 이용하여 공정에 따른 EVA의 분자구조 및 물리화학적 성질을 관찰하였으며, 실험 조건에 따른 표면현상을 관찰하기 위하여 주사전자현미경(SEM, HITACHI-S-4700)을 사용하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 Curing 조건에 따른 EVA sheet의 Gel Content 특성을 보여주고 있으며, 아래의 식으로 표현할 수 있다.

여기서 m_0 는 초기의 EVA의 무게이고, m 은 건조된 EVA의 무게이다.

$$\text{gel content}(\%) = \frac{m}{m_0} \times 100$$

Curing전 EVA Sheet의 Gel Content는 5.0%로 측정되었다. 110°C에서 Curing 시간이 2분~4분으로 증가하면 Gel Content는 6.5%에서 92.5%로 급격한 증가를 나타냈고 6분에서는 92.5%에서 3.1% 감소한 89.4%를 나타내었다.

또한, Curing온도 130°C 및 Curing 시간 2분 조건에서는 85.5%를 나타냈고, 4분, 6분에서는 88.2%, 87.9%의 Gel Content를 나타내었다. Curing온도 140°C 2분 조건에서는 Gel Content가 89.9%를 나타내었으며, 이후 4분, 6분에서는 각각 51.4%, 49.2%로 Gel Content가 급격하게 감소되는 현상을 볼 수 있었다.

위의 결과로부터 EVA Sheet는 제조사 마다 Lamination 및 Curing 조건이 다를 수 있는데, 본 연구에서 사용된 ETIMEX사의 EVA Sheet는 특정 온도 및 특정 시간이 지남에 따라 오히려 Gel Content가 감소하는 현상을 발견할 수 있었다.

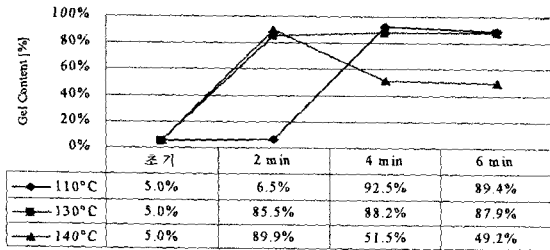


그림 1. EVA Sheet의 공정조건에 따른 Gel Content의 변화

또한, FT-IR을 이용하여 Curing 온도 및 시간에 따른 EVA Sheet의 화학 구조적 특성을 분석하였다.

EVA Sheet의 UV에 의한 Discoloring은 불포화 그룹(unsaturated group)에 기인한 것으로 잘 알려져 있다. 이 불포화 그룹은 크게 3가지인데 Vinyl, Vinylidene와 Trans-Vinylene이다. 910cm^{-1} 에서는 Vinyl Group의 형성 정도를 알 수 있는데 흡광도의 크기가 작으면 EVA Sheet의 Cross Linking 정도가 증가했다고 볼 수 있다.

그림 2는 140°C Curing 조건에서의 Curing 시간에 따른 EVA Sheet의 흡광도 스펙트럼을 나타낸 것이다. 910cm^{-1} 범위에서 Curing 시간 2min의 경우에 Cross Linking이 가장 높고 4min과 6min에서는 거의 비슷한 값을 보였다. 이는 그림 1의 Gel Content 변화와 유사한 결과로써, 140°C 에서 Curing 시간이 2분이상 경과되면, Gel content가 오히려 감소하여 Cross Linking이 줄어드는 것을 알 수 있었다.

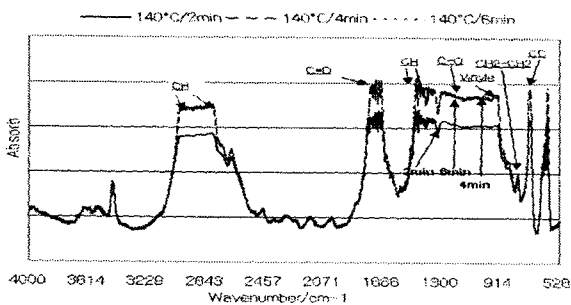


그림 2. $140^\circ\text{C}/2\text{min}$, 4min , 6min 에서 EVA Sheet의 흡광도

내구성이 좋은 태양광 모듈을 제조하기 위해서는 Curing 온도, Curing 시간, Gel Content 등을 기준으로 하여 제조할 수 있는데, 그림 3은 Ref. EVA Sheet를 포함하여 $110^\circ\text{C}/2\text{min}$, $110^\circ\text{C}/6\text{min}$, $130^\circ\text{C}/4\text{min}$, $140^\circ\text{C}/2\text{min}$ 그리고 $140^\circ\text{C}/6\text{min}$ 의 조건에서 제조된 시료의 FT-IR 흡수 스펙트럼을 보여주고 있다. 그림에서 보이는 바와 같이 $130^\circ\text{C}/2\text{min}$ 과 $130^\circ\text{C}/4\text{min}$, $110^\circ\text{C}/6\text{min}$ 의 경우에 Vinyl Group의 형성이 낮아 Cross Linking의 정도가 우수함을 알 수 있다.

반면, 140°C 6min에서는 상대적으로 Vinyl Group의 형성이 높아 Cross Linking의 정도가 낮아짐을 알 수 있어 그림 1의 Gel Content 특성과 유사함을 알 수 있다.

그림 4는 Gel Content에 따른 EVA Sheet의 표면형상을 보여주고 있다. Gel Content가 높은 (c), (d) 경우에는 다른 시료에 비하여 표면이 매끄럽고, 단단한 구조로 두께가 균일한 구조를 가진 것을 알 수 있었다.

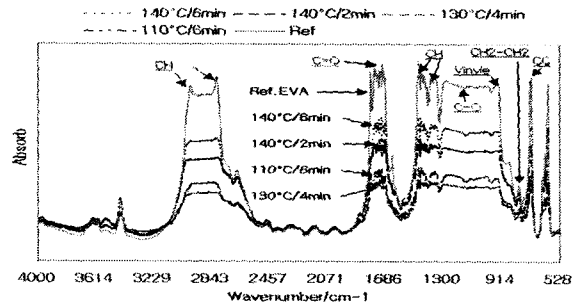


그림 3. $140^\circ\text{C}/2\text{min}$, 4min , 6min 에서 EVA Sheet의 흡광도

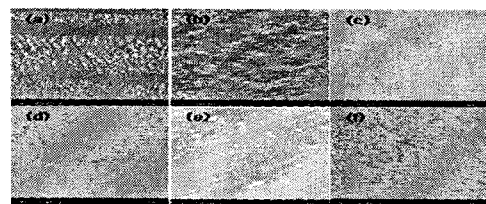


그림 4. EVA Sheet 표면형상 (a)Ref. EVA (b) $110^\circ\text{C}/2\text{min}$ (c) $110^\circ\text{C}/6\text{min}$ (d) $130^\circ\text{C}/4\text{min}$ (e) $140^\circ\text{C}/2\text{min}$ (f) $140^\circ\text{C}/6\text{min}$

4. 결론

본 논문에서는 태양광 모듈 제조공정에서 Lamination 및 Curing 조건이 EVA Sheet의 Gel Content를 변화시켜 줌으로써, 태양광 모듈의 내구성에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과 Curing 온도 및 시간이 $110^\circ\text{C}/6\text{min}$ 과 $130^\circ\text{C}/4\text{min}$ 조건에서 Gel Content가 가장 우수하였으며, 전자현미경으로 표면형상을 관찰한 결과 표면의 거칠기가 작고 견고함으로써, 외부 환경에서 습기의 침입 및 EVA Sheet 변색 등 장기 내구성 측면에서 가장 안정적인 것으로 판단되었다. 또한 FT-IR 분석결과 Gel Content에 따른 Cross Linking 정도를 관찰할 수 있었으며, $110^\circ\text{C}/6\text{min}$ 및 $130^\circ\text{C}/4\text{min}$ 에서 가장 우수한 Cross Linking 현상을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Mehmet Copuroglu, Murat Sen, Polym. Adv. Technol. 16:61-66, 2005.
- [2] G.H.Kang, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "Consideration of Electrical Properties in Field-aged Photovoltaic Module", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 17, No.12, p.1289, 2004.
- [3] G.H.Kang, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "The Effect of Electrical Properties with Degradation of EVA sheet and Electrode in Photovoltaic Module", Proceeding of KIEEME Annual Summer Conference, 2005.
- [4] Antonio Parretta, Mariano Bombace, Giorgio Graditi, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 86 (2005) 349-364