

태양전지 모듈 제조장치의 구성 및 Laminator의 온도 특성

강기환, 소정훈, 정영석, 정명웅, 유권중
한국에너지기술연구원

Construction of Equipment for PV Module Manufacture and Temperature Characteristics of Laminator

Gi-Hwan Kang, Jung-Hun So, Young-Seck Jung, Myung-Woong Jung, Gwon-Jong Yu
Korea Institute Of Energy Research

Abstract - Compare and examined Full Auto Line of PV module Manufacture Equipment and PV module Manufacture Equipment in the Korea.

Full Auto Line has been constructed with Cell Selection, Tabbing & Stringing, Module Setting, Lamination, Curing and Module Testing, and Module Manufacture Line in the Korea has been constructed with Tabbing & Stringing, Module Setting, Lamination and Module Testing.

Laminator's temperature Control is the most important Variable in Manufacture of PV module.

Temperature Transformation of Center part of PV module is most high at Lamination, and Edge part is most low.

1. 서 론

대체에너지중 가장 각광을 받고 있는 태양광발전시스템은 현재 실증단지 조성사업 및 1만호 보급사업과 관련하여 많은 관심이 고조되고 있다[1]. 이에 맞추어 국내에서는 태양전지 국산화가 가능하게 되었고, 태양전지 모듈 또한 국내에서 제조가 가능하여 전력변환장치까지 포함하여 약 90% 이상이 국산화가 가능하게 되었다.

그러나 태양전지 모듈 제조업체는 그동안 국내에서의 제조단가가 수입 태양전지 모듈보다 높다는 이유로 수입에 의존하였으나, 정부의 방침이 가능한한 국산화 제품의 사용을 강조함에 따라 태양전지 모듈 제조 단가를 낮추기 위하여 태양전지 모듈 제조 Line의 새로운 구축이 시급한 실정이며, 또한 현재 세계적인 추세가 태양전지 모듈의 대면적화, 복합기능성화 됨에 따라 대면적 태양전지 모듈을 제조할 수 있는 Laminator의 확보가 시급한 실정이다.[2][3]

따라서 본 논문에서는 외국에서 사용되고 있는 Full Auto 태양전지 모듈 제조 Line을 살펴보고, 국내 태양전지 모듈 생산 Line의 문제점과 태양전지 모듈제조 공정에서 가장 중요한 Lamination의 원리 및 온도 특성에 미치는 영향등을 살펴보고자 한다.

2. 태양전지 모듈의 구조 및 제조장치

2.1 태양전지 모듈의 구조

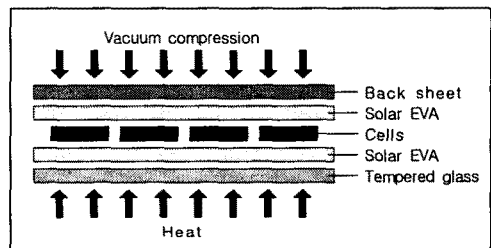
태양전지 모듈은 사용 재료 및 사용자의 용도에 따라서 Glass/EVA/Cell/EVA/Backsheet, Glass/EVA/Cell/EVA/Glass, Glass/EVA/Cell/EVA/Metal, PVF/EVA/Cell/EVA/Metal 등 여러 가지 형태로 제조할 수 있다. 그러나 본 논문에서는 [그림 2-1]에서 보는바와 같이 현재 전원으로 가장 많이 사용되고 있는 Glass/EVA/Cell/EVA/Backsheet의 구조를 갖는 태양전지 모듈 구조에 대해서 간단히 기술하고자 한다.

태양전지 모듈에 사용되는 Glass는 일반적으로 시중에서 흔히 볼 수 있는 Glass가 아닌 철분량을 최소화

하여 태양광의 투과율을 높이고, 파손율을 최소화 하기 위하여 저철분 강화유리를 사용하고 있다. 저철분 강화유리는 현재 국내에서 생산이 가능하나, 수요가 많지 않아 저철분 유리를 외국에서 수입하여 강화만 국내에서 하고 있는 실정이다.

Solar EVA는 태양전지의 충격방지 및 습기 침입을 막기 위하여 태양전지를 성형시키는 재료로써 현재 국내에서는 생산이 안되고 수입에 의존하고 있는 실정이다.

Back sheet는 Glass 및 Metal의 대용으로 사용되며, 태양전지 모듈의 무게를 줄이고, 태양전지 모듈 뒷면으로 부터의 습기 침입을 방지하기 위하여 사용되고 있다.



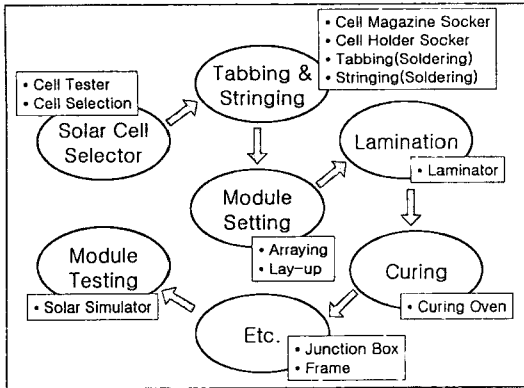
[그림 2-1] 태양전지 모듈의 일반 구조

2.1 태양전지 모듈 제조 장치

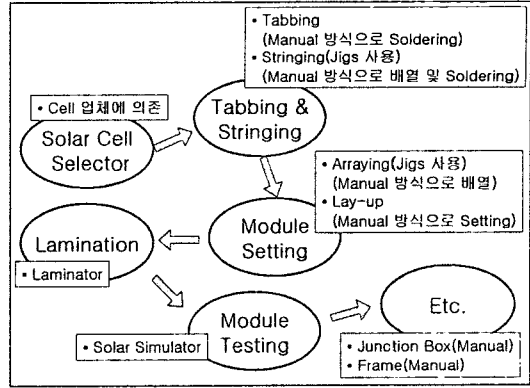
Full Auto Line에서 구성하고 있는 태양전지 모듈 제조장치의 종류 및 특징은 [표 2-1]과 [그림 2-2]에서 보여주고 있다.

[표 2-1] Full Auto Line의 장치 구성

분 류	장 치 명	특 정
Solar Cell Selector	Cell Tester	Cell 전기적특성 측정
	Cell Selection	불량 및 등급 분류
Tabbing & Stringing	Cell Magazine Stocker	분류된 Cell 보관
	String Holder Stocker	Stringing을 하기 위하여 Cell 보관
	Tabbing	Cell Soldering(IR Lamp)
	Stringing	Cell String 및 Interconnection(IR Lamp)
Module Setting	Arraying	모듈의 형태로 배열
	Lay-Up	EVA 및 Backsheet Lay-up
Lamination	Laminator	진공상태에서 Cell 성형
Curing	Curing Oven	Lamination후 고품질 성형을 위하여 Curing
etc	Junction Box	Junction Box 결합
	Frame	Frame 결합
Module Testing	Solar Simulator	Module 전기적 특성 시험



[그림 2-2] Full Auto Line의 공정도



[그림 2-3] 국내 모듈 생산 Line의 공정도

태양전지 모듈을 제조하기 위해서는 크게 Cell을 측정하여 Selection할 수 있는 Cell 측정장치, Cell을 Interconnection 할 수 있는 Tabbing & Stringing 장치, Stringing된 Cell을 사양에 맞게 배열하고, 태양전지 모듈의 구조에 맞게 Setting하는 Arraying장치, 그리고 Cell의 충격방지 및 습기 침입을 막기 위하여 진공상태에서 Silicon rubber를 압력으로 밀어서 성형하는 Laminator, Lamination 시간을 줄이기 위하여 Lamination후 마무리 성형하는 curing 장치, 성형이 끝난 뒤 태양전지 모듈의 전기적 특성을 측정하여, 제품의 품질을 선별하는 Solar Simulator등으로 나눌 수 있다.

〈표 2-1〉과 [그림 2-2]에서 본 것과 같이 Full Auto Line은 대부분이 사람 손을 거치지 않고 자동화 시스템으로 공정이 진행되고 있으나, Junction Box 부착 및 Frame 조립등은 자동화가 가능하면서도, 제품의 신뢰도를 높이기 위하여 생산 Line마다 거의 사람이 수작업으로 하고 있는 실정이다.

위와 별도로 국내 태양전지 모듈 생산업체에서 많이 사용되고 있는 모듈 생산 Line을 살펴보면, 〈표 2-2〉와 [그림 2-3]에서 보는바와 같이 대부분 Full Auto Line에서 갖추고 있는 각각의 공정별로 장치를 갖추고 있지만, 각각의 장치마다 사람이 수작업으로 공정을 진행 시켜야 하는 어려운 점이 있다.

따라서 국내 태양전지 모듈 생산 Line은 정부 주도에 의한 태양전지 모듈 수요가 확보되지 않는 이상, 초기 투자비가 많이 드는 Full Auto Line을 구축하기에는 쉽지 않은 문제점이 있을 것으로 사료된다.

〈표 2-2〉 국내 Module 생산 Line의 장치 구성

분 류	장 치 명	특 징
Tabbing & Stringing	Tabbing	수작업으로 Soldering
	Stringing	수작업 배열 및 Soldering
Module Setting	Arraying	수작업으로 배열
	Lay-Up	수작업으로 Setting
Lamination	Laminator	진공상태에서 Cell 성형
Module Testing	Solar Simulator	Module 전기적 특성 시험
etc	Junction Box	수작업으로 결합
	Frame	수작업으로 결합

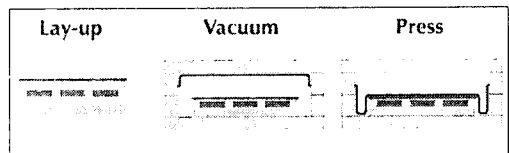
3. Lamination 원리 및 온도특성

3.1 Lamination 원리

태양전지 모듈을 제조하기 위한 공정중에서 가장 중요한 공정은 Lamination 공정이라 할 수 있다. 태양전지 모듈에 사용되는 Cell은 가격이 3.5\$/Wp 정도 되기 때문에 Lamination을 제외한 타 공정에서는 진행중에 불량 발생이 생기더라도 손실 부분이 많지 않지만 태양전지 모듈 사양별로 보통 10~70 장의 Cell이 모듈 Setting이 된 후 진행되는 Lamination 공정중에 불량이 생긴다면 그 손실은 매우 크다 할 수 있다.

따라서 Full Auto Line을 갖추고 있는 태양전지 모듈 생산 업체에서는 불량율을 최소화 하기 위하여 Lamination 하기 이전 공정까지 사람이 직접 수시로 불량 검사를 하고 있다.

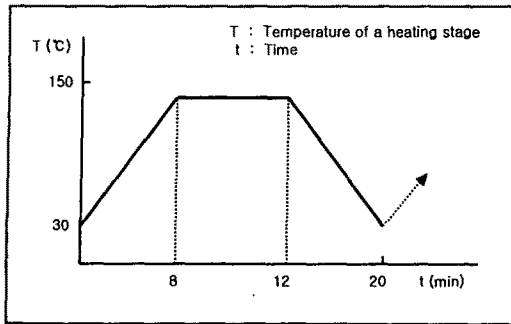
Lamination [그림 3-1]에서 보는 바와 같이 Glass/EVA/Cell/EVA/Backsheet 등의 구조로 Lay-up이 된 모듈을 가열된 Plate에 올려 놓은 후 Chamber를 Close하고 Laminator 내부를 1 Torr 이하의 진공상태로 유지하게 된다. Plate온도가 Module에 균일하게 도달되면 이때부터 EVA가 녹기 시작하여 액체 상태로 변하게 되며, 이때 압력으로 Silicon rubber를 밀어서 태양전지 모듈을 성형시키고, 서서히 Plate온도를 내리면서 Lamination을 완료하게 된다.



[그림 3-1] Lamination의 원리

3.2 Laminator의 온도 특성

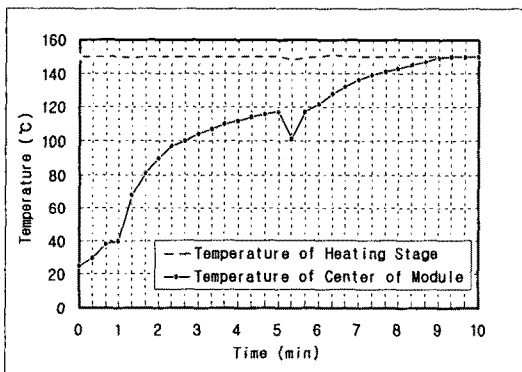
Laminator의 Plate 온도 제어는 넓은 면적을 균일하게 하기 위하여 보통 3-Zone 방식을 채택하여 적용하고 있다. Lamination의 온도 Cycle은 [그림 3-2]에서 보는 바와 같이 Plate온도를 150 °C 까지 가열하는 시간 약 8분, Lamination 시간 약 4분, 그리고 Plate 온도를 내리는데 약 8분 정도 소요되어 Lamination 한번 하는데 소요되는 시간은 약 20분 정도가 된다.



[그림 3-2] Lamination의 온도 Cycle

따라서 태양전지 모듈 생산 Line중에서 가장 시간을 많이 필요로 하는 공정은 Lamination이라 할 수 있으며, Full Auto Line에서는 이런점을 보완하기 위하여 보통 Laminator를 2대 또는 3대씩을 갖추고 태양전지 모듈을 생산하고 있다.

[그림 3-3]은 Laminator Plate온도를 150 °C로 일정하게 유지 시킨 후 태양전지 모듈을 Plate에 올려 놓았을 때 태양전지 모듈의 온도 상승 곡선을 보여주고 있다.

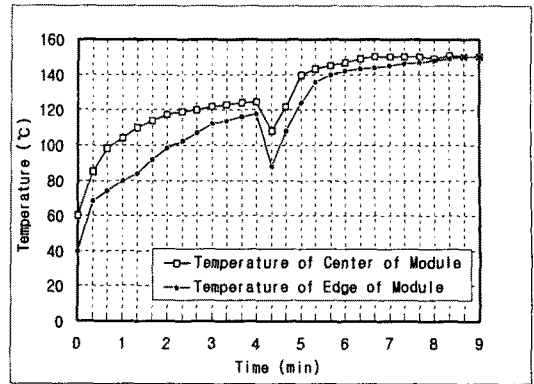


[그림 3-3] Laminator의 온도와 Module온도의 변화

그림에서 보듯이 태양전지 모듈의 온도가 150 °C 까지 상승하는데 소요되는 시간은 약 9분으로써 약 5분 정도 경과시 20 °C 가량 순간적으로 온도가 내려가는 현상을 볼 수 있는데, 이것은 태양전지 모듈에 충격 및 습기방지를 위하여 사용되는 EVA가 녹는 점으로써 약 120 °C에서 EVA가 액체 상태로 변하는 것을 알 수 있다.

[그림 3-4]는 Laminator의 온도를 150 °C로 고정 시킨 후 태양전지 모듈의 Center부분과 Edge부분의 온도 상승곡선을 보여주고 있다.

Laminator Plate 온도가 모두 균일하다고 하더라도 [그림 3-4]에서와 같이 태양전지 모듈 Center부분의 온도가 Edge 부분의 온도보다 좀더 높게 상승곡선을 그려주고 있다. 이런 현상은 Laminator의 온도 Setting이 제대로 안된 상태로써, 대면적의 태양전지 모듈을 Lamination할 경우 태양전지 모듈은 온도 차에 의하여 Laminator내에서 Glass가 휘는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 대부분의 Full Auto Line에서는 [그림 3-2]에서와 같이 Laminator의 온도 Cycle을 주지 않고 일정한 온도에서 짧은 시간동안에 Lamination을 하고 Curing Oven에서 마무리 성형을 하고 있다.



[그림 3-4] 모듈 Center와 Edge 부분의 온도 변화

4. 결 론

본 논문에서는 태양전지 모듈의 구조에 대하여 살펴 보았으며, 태양전지 모듈을 제조하기 위한 선진국의 Full Auto Line의 장치 구성과 국내 태양전지 모듈 업체에서 일반적으로 사용하고 있는 태양전지 모듈 제조 Line을 비교 검토 하였다.

Full Auto Line의 장치구성은 Cell Selection, Tabbing & Stringing, Module Setting, Lamination, Curing, Junction Box & Frame 조립, Module Testing등이며, 국내 태양전지 모듈 생산업체에서 일반적으로 사용하고 있는 태양전지 모듈 제조 장치의 구성은 Tabbing & Stringing, Module Setting, Lamination, Module Testing, Junction Box & Frame 조립 등으로 구성되어 있다. 따라서 Full Auto Line과 국내에서 사용되는 있는 Manual 방식을 비교 해 보면 Full Auto Line에 비하여 생산량이 현저하게 떨어지는 실정이며, 이로 인하여 태양전지 모듈의 단가가 상승하는 요인으로 작용하고 있다.

또한 태양전지 모듈 제조에 있어서 가장 중요한 공정인 Lamination공정에서 태양전지 모듈의 온도 상승곡선은 120°C 부근에서 순간적으로 약 20°C 가량 내려가는 현상을 볼 수 있었으며, 이때 Solar EVA가 녹기 시작하는 것을 알 수 있었다. 또한 Module의 온도가 올라갈 때 Module의 Center부분과 Edge부분의 온도차가 생기며, 이런 현상은 대면적 태양전지 모듈 제조시 Glass가 변형될 수 있는 현상으로, 온도 편차를 줄여야만 고품질의 태양전지 모듈을 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 전력연구원 연구보고서, "대체에너지기술개발 기본계획 수립", 1995. 7.
- [2] "A Design Handbook for Architects and Engineers", International Energy Agency, Task 16, 1996.
- [3] "PV Program, Building with Photovoltaics", The Netherlands Agency for Energy and the Environment, 1995.