

**PDP Clear filter 생산공정의 최적 디자인을 위한 모델링 & 시뮬레이션**

소원섭, 박진수, 정재학\*  
 영남대학교 디스플레이화학공학부  
 (jhjung@yumail.ac.kr\*)

**A Modeling & Simulation for optimal design of manufacturing clear filter in PDP**

Won Shoup So, Jin Soo Park, Jae Hak Jung\*  
 School of Display and Chemical Engineering, Yeungnam University  
 (jhjung@yumail.ac.kr\*)

**서론**

PDP용 color filter는 PDP 디스플레이 모듈(Module)의 고전압 발전에 의해 발생하는 전자파를 전자기 유도현상을 이용하여 차폐를 주된 목적으로 하는 광학필터이다. 이는 고도의 Photo Etching 기술을 바탕으로 제작되는 제품이기에 PDP Rear Panel과 더불어 급성장하는 PDP 시장의 차세대 Digital 핵심 부품이라고 할 수 있다.

특히 PDP TV의 대중화와 더불어 디스플레이에서 발생하는 전자파로 인한 인체의 유해성 및 기기의 오작동 등을 방지하기 위한 전자파 차폐기능이 우수한 EMI Mesh 필름의 성능 개선 요구가 증가하고 있으며 최근에는 화질의 선명도가 우수한 Glassless 광학필터를 생산하기 위한 흑화 Mesh 필름의 시장요구가 새로이 증가하는 추세이다. 또한 PDP는 최근 가격 및 기술안정성에 대한 문제점이 보완되면서 CRT, LCD, OLED 등의 디스플레이 중에서 가장 빠른 속도로 시장규모가 확대되고 있어 시장 전망이 가장 밝을 것으로 예측되고 있다.

그러나 대부분의 국내 전자부품산업이 그렇듯이 디스플레이산업도 외국으로부터 엔지니어, 공정기술, 장비, 재료 및 부품 등을 플랜트로 도입하여 투자되었으며 단기간에 선진기술을 극복하기 위하여 모방하는 방식을 취함으로써 제조장비 및 재료를 기반으로 하는 하부구조가 매우 취약한 상태이다. 이러한 모방이 전문적 설계 기술에 그 바탕을 두지 않고 있어 부적절하게 설계 운전되는 경우가 많다. 국내 PDP 기술의 국산화율은 55~65%로 경쟁국인 일본에서 PDP 제조상의 주요 공정기술의 대부분을 수입 혹은 모방하고 있어 기술의 국산화가 시급하다고 할 수 있다. 특히 칼라필터의 코팅공정을 위한 염료-Resin의 Mixing 및 공급 line은 대부분 Color Filter의 생산량과 제조 공정의 고려와 MRP의 산정없이 일반적인 Blending 공정을 모방하여 설계한 후 조업의 조건과 시간으로 코팅공정을 운용하고 있어 최적화가 요구되어지는 공정이다.

**본론**

현재 공정을 시뮬레이션 하기 위해 여러 data들을 수집하였다. 필요한 data들은 증설될 코팅 라인의 수, 향후 만들어질 제품의 수, 각 제품의 기본단위, order될 수 있는 양의 상한선, 하한선, unit의 이송시간 등을 필요로 한다. 이러한 자료들을 바탕으로 simulation을

하게 되면 교반조의 진행 상황, 필요한 최적의 저장조와 교반조의 크기, 저장조에 저장된 제품의 양, 등을 알아 낼 수가 있게 된다. 이로 인해서 제품의 수요가 발생을 했을 때 제품이 생산될 수 있는 적절한 조업 일정을 만들어 낼 수가 있게 된다. 또한 조업의 조건이 변경 된다던가 하는 일이 발생 할 때에도 simulation의 조건을 수정 함으로써 그에 대한 예측이 가능해 지게 된다. 전체적인 공정의 flow chart는 그림 1에서 나타내었다.

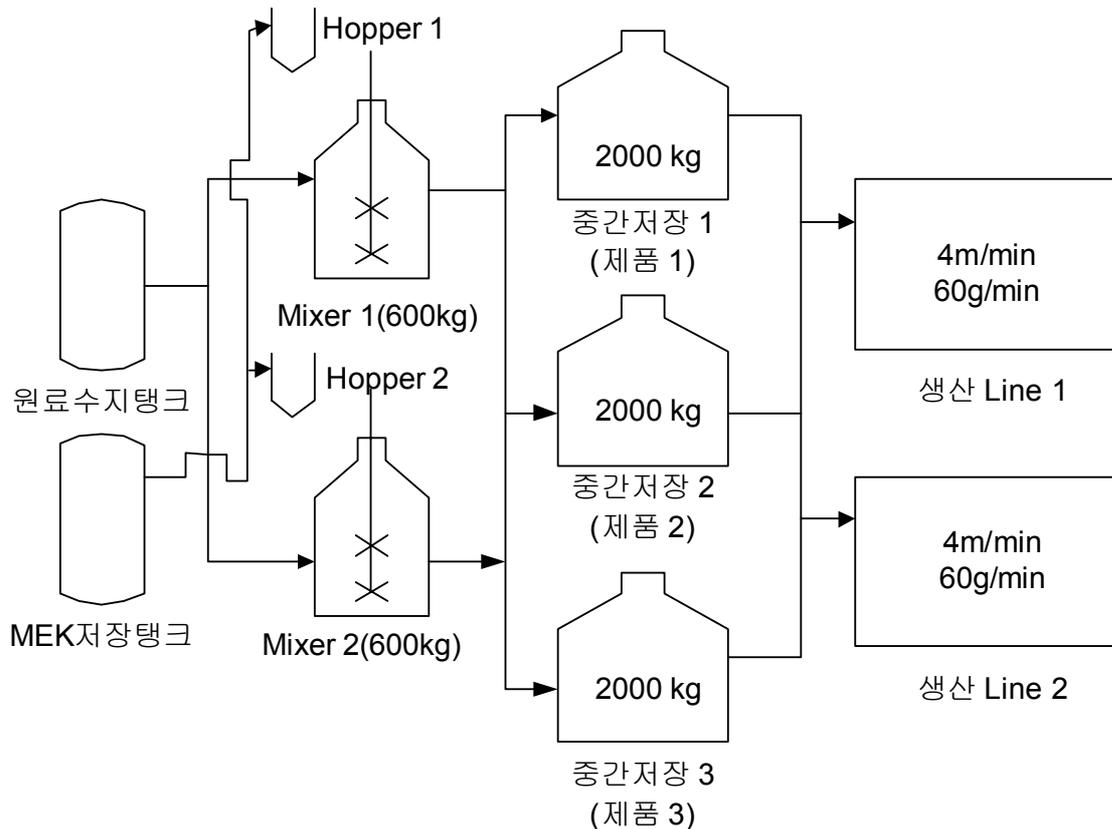


그림 1. 공정 flow chart

중간 저장 탱크의 maximum 용량계산을 해보면 공정의 속도를 4m/min, 60g/min으로 가정을 하였을 경우 600kg이 소모되는데 걸리는 시간은 41시간(mixing time + 조정 mixing time + washing time)이다. 이 41시간에서 washing time을 24시간으로 고정을 하게 된다면 17.7시간 만에 mixing을 끝을 내야 한다. 이것은 현재의 mixing 속도로는 생산라인의 속도에 따라가는 것이 불가능하다. 하지만 mixing tank 디자인을 통해 mixing 시간을 50% 감소를 시킨다면 washing 시간도 그에 비례해서 감소하게 될 것이다. 그렇게 된다면 중간 저장조의 크기는 약 1200kg이면 cover가 가능하다고 보여진다. 또한 생산라인을 full가동을 하지 않고 적은 양의 제품이 생산되어야 할 경우에는 생산라인 두 개중 하나만을 가동하여 생산 할 수 있게 된다. 이렇게 되면 mixing 시간은 약 59.3시간을 소요하게 된다. 생산라인을 하나만 가동하는 경우는 mixing 탱크에서 제품의 생산이 선택적으로 일어나기 때문에 저장 탱크의 크기를 늘릴 필요는 없다.

Simulation은 두 가지의 형태로 이루어져 있다. 먼저 simulation 1의 경우 다음의 특징을 나타낸다.

- 1) Mixer 1에서는 제품 1과 2만을 생산한다.
- 2) Mixer 2에서는 제품 2와 3만을 생산한다.
- 3) Mixer에서 한 batch가 끝난 후엔 세척을 한다.
- 4) 생산라인 1에서는 제품 1과 2만을 생산한다.
- 5) 생산라인 2에서는 제품 2와 3만을 생산한다.
- 6) 생산라인에서 제품의 1단위가 생산된 후 다음 생산품이 다를 경우 세척을 한다.
- 7) 각 저장탱크에 저장되는 제품은 fix되어 있다.

다음으로simulation 2의 경우는 다음의 특징을 가지고 있다.

- 1) Mixer 1,2에서 공동으로 제품 1,2,3을 생산한다.
- 2) Mixer에서 한 batch가 끝난 후엔 세척을 한다.
- 3) 생산라인 1,2에서 공동으로 제품 1,2,3을 생산한다.
- 4) 생산라인에서 제품의 1단위가 생산된 후 다음 생산품이 다를 경우 세척을 한다.
- 5) 각 저장탱크에 저장되는 제품은 fix되어있다.

이렇게 두 가지의 형태의 simulation을 통해서 제품을 생산하는데 여러 가지의 경우의 수를 다룰 수가 있게 된다. 그림 2에 simulation1,2의 순서도를 나타내었다.

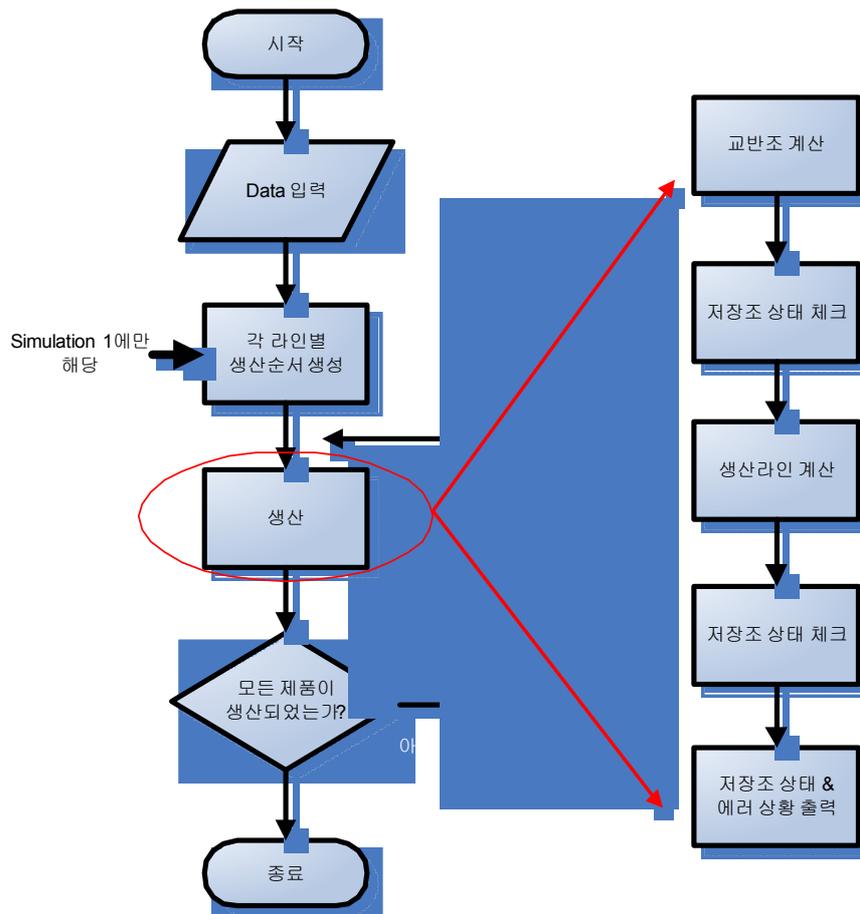


그림 2. Simulation 순서도

두 가지의 simulation은 여러 가지의 경우를 나타낼 수 있지만 가장 큰 차이점은 두 개의 mixing 탱크와 생산라인에서 제품의 생산을 정하는 것과 정하지 않는 것으로 나누어 진

다. 이 과정에서 각각의 장단점이 나타나게 되는데 먼저 simulation 1의 장점은 각 mixer와 생산라인에서 생산되는 제품이 정해져 있고 3제품을 모두 생산하는 것이 아닌 2가지만을 생산하게 되어 제품의 change over가 자주 일어 나지 않는다. 이로 인해 생산라인에서 세척의 시간소요가 줄어들게 될 수 있다. 공정을 설계하는 과정에서 좀더 덜 복잡한 형태가 이루어질 수 있다. 하지만 한 가지의 제품이 대량으로 집중적으로 생산이 되게 될 경우 정해진 라인에서만 제품을 생산하게 되어 battle neck이 발생할 우려가 있다. 다음으로 simulation 2의 경우는 simulation의 1과는 반대로 한 가지의 제품이 대량으로 생산될 경우에도 두 라인을 모두 같은 제품을 생산하게 되면 원활한 제품의 생산이 이루어질 수가 있다. 또한 제품의 생산량이 줄어들게 될 경우 생산라인을 선택적으로 가동하여 제품을 생산할 수가 있어 생산비용 절감에도 효과를 가져올 수 있다. 하지만 제품이 균일하게 생산이 될 경우 복잡한 공정을 한 이유가 없어지게 되어 불 필요한 설계비용이 추가로 들게 되는 것이다. 하지만 제품의 발생이 항상 균일하게 일어나는 것이 아니고 여러 가지의 경우가 발생하기 때문에 simulation 2의 경우가 좀더 유동적으로 제품의 발생에 대처할 수 있다고 보여진다.

## 결론

simulation에서는 중간 저장탱크의 역할을 줄이고 다른 mixing 속도와 생산라인의 제품 생산 속도에 중점을 두고 simulation을 하였다. 그리고 이 두 가지를 중점으로 생각을 하였을 때 다음의 식이 성립이 된다.

$$T = A * L * M * 60 \quad \text{-----}(1)$$

다음 식 1에서 T는 생산량(g), A는 교반 속도(hour), L은 생산라인의 길이 속도(m/min), M은 생산라인의 양적 속도(g/m)가 된다. 마지막 60이란 수는 단위를 맞추기 위해서 넣는 상수이다. 이 식을 통해서 예상 되는 생산라인 속도에 따른 적절한 교반 탱크의 크기를 결정 할 수 있다. 변수 T는 생산량이 될 수도 있지만 생산량을 생산하기 위한 교반 탱크의 크기도 예측이 가능하게 되는 것이다. 이후에도 주문양(=생산량)이 결정이 되었을 때 교반 속도에 따른 생산량을 식 1을 통해서 추측을 할 수 있게 하는 것이다. 그렇게 되면 생산라인을 어떻게 가동 시킬지에 대한 대략적인 생산스케줄 또한 가능 하게 된다. 이 data를 바탕으로 MRP 시뮬레이션 두 가지를 어떻게 적절히 활용할 지도 나오게 된다. 두 번째로 주문한 제품의 종류에 따라서도 생산스케줄을 잡는 방법이 결정이 되게 된다. 주문이 한 가지 제품에 집중이 될 경우에는 두 생산라인에서 모두 같은 제품을 생산하도록 하여 제품이 원활하게 나올 수 있게 하고 반대로 모든 제품이 고르게 분포가 되어 있을 경우에는 시뮬레이션 1을 결정하게 되는 것이다. 여기서 식 1에서 생산라인의 속도 값이 매우 큰 값이 나오게 되면 제품 생산 스케줄이 고르게 분포되어 있더라도 주문 기일에 따라 시뮬레이션 2를 택하게 될 수도 있는 것이다. 또한 반대로 식 1에서 생산라인의 속도가 매우 작은 값이 나오게 된다면 주문 기일에 따라서 생산라인을 두 개 모두 가동 시키지 않고 한 개만을 가동하여 생산비용을 줄 일 수도 있는 것이다.