

# POM System에서 CLCC 적용 사례

이복진<sup>1)</sup>, 이해성<sup>1)</sup>, 한상권\*, 한영성<sup>1)</sup>, 박필수<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>한솔파텍, <sup>2)</sup>Bayer Korea

## 요 약

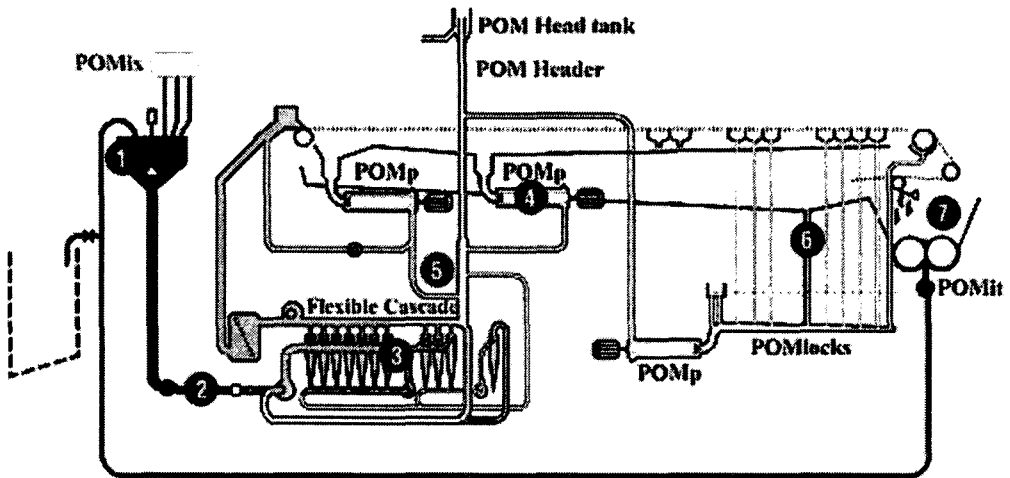
색지와 무늬지를 주로 생산하는 펄스지 공장의 경우 고객의 다양한 기호와 수요에 대응하기 위해서는 잦은 색상 및 지중교체가 필요하다. 기존 wet-end 시스템과 color control 시스템으로는 높아진 고객의 품질 욕구를 충족하기 어려울 뿐만 아니라 잦은 지중교체로 인한 생산성, 원가, 조업안정성 등의 손실을 수반한다. 이에 당사는 wet-end volume을 획기적으로 줄여 빠른 응답시간의 장점이 있는 POM 시스템(compact papermaking system)과 on-line color control이 가능한 CLCC(closed loop color control) 시스템을 동시에 적용하여 각각의 장점을 활용한 지중 교체시간 단축과 색상의 균일성을 확보한 사례이다.

## 1. 서 론

최근 연속공정의 color paper 생산의 경우 고객의 다양한 색상요구와 유행의 빠른 주기로 인한 Lot별 생산량 감소와 다양한 제품을 생산해야 하는 부담을 가지게 되었다. 이런 생산 환경을 감안할 때 생산시 지중교체 시간 지연으로 인한 손실의 증가는 파지의 발생뿐만 아니라 경제적으로 큰 손실을 유발한다. 한편 이때 발생하는 파지의 경우 Bleaching 이나 같은 계열색상에만 사용해야 하는 단점이 있어 색상파지 관리에 어려움이 있다. 따라서 각 업체마다 색상별 지중교체 시간 감소를 위한 업체별 know-how를 가지고 있다. 이번에 소개할 사례의 경우 POM System 하에서 thick stock volume 감소에 따른 계의 response time의 감소 정도를 분석 하였으며, CLCC 적용으로 색상교체 시간의 감소와 lot간의 색상 균일성을 확보 할 수 있었다.

## 2. 본 론

### 2-1. POM System



- ① Pomix : stock components mixer (small volume, fast reaction)
- ② Stock line mixer
- ③ Flexible cascade
- ④ POMp
- ⑤ White water selection
- ⑥ POMlock
- ⑦ POMit

Fig.1 POM process diagram

Fig.1 에서 보는 것처럼 POM System은 기존 시스템의 Chest와 Silo 부분을 제거하여 단순화 시킨 것이 큰 특징이다. Mixing, Machine chest와 Silo를 제거함으로써 기존 시스템과 비교시 지중 교체시간 단축 및 계내 전 지중 백수로 인한 후 지중에 대한 영향이 작아진다.[1] 다음 수식은 색상 교체 시 계내 염료 농도의 변화와 시간 그리고 System Volume에 관한 식으로 계내 염료농도의 시간에 따른 변화속도는 Volume과 flow rate에 관계하는 것을 볼 수 있다.

$$V \frac{dc}{dt} = q(c_{in} - c) \quad (1)$$

$$t = \frac{V}{q} \ln\left(\frac{C_{in} - C_0}{C_{in} - C}\right) \quad (2)$$

where,  $V$ : system volume,  $q$ : volume flow rate,  $C_{in}$ : input 염료농도

$C_0$ : dye consistency (time = 0)  $C$ : dye consistency (time =  $t$ )

따라서 POM System 전·후의 time ratio는 다음과 같다. ( $C$ 가 같은 경우)

$$\frac{t_{pom}}{t_{old}} = \frac{V_{POM}}{V_{Old}} \frac{q_{old}}{q_{pom}} \quad (3)$$

이러한 색상 교체시 계의 염료농도 변화시간의 감소는 지중 교체시간을 단축시키는 장점 이외에도 색상 sequence의 변화폭을 넓힐 수 있는 장점이 있다.

## 2-2. CLCC (Closed Loop Color Control) system

CLCC는 on-line color measurement part, colorant delivery part 그리고 computer color control part 세부분으로 이루어져 있다. On-line color measurement part의 경우 color sensor, 통신 cable 그리고 PC로 구성되어 있으며 color sensor는 UV include, UV exclude lamp 로 구성되어 있다. 특히 물체의 반사광을 각 파장에 따라 측정 한 결과의 조합을 reflectance라고 하며 이 경우 측정하는 파장의 간격(resolution)을 세 밀하게 하는 것이 보다 정확한 reflectance data를 얻을 수 있고 측색의 오차를 줄일 수 있다. 이렇게 측정한 reflectance curve는 삼자극치(tristimulus) curve의 조합으로 표현할 수 있다.[2],[3]

$$T = E R \quad (4)$$

where,  $T$  = tristimulus matrix

$E$  = coefficient matrix

$R$  = reflectance array

이를 통해 L\*,a\*,b\* System으로 변환할 수 있으며, 당사에서 사용하는 시스템은 파장2 nm로 분광하였고, 표준 측정조건은 광원 D65, Observer 10 , 입사각 45 , 표준색차계는 CIELAB(L\*a\*b\*)이다. Colorant delivery Part는 염료를 정량적으로 투입할 수 있는 positive-displacement type의 Bran-Lubbe 펌프, PC에서 펌프를 control 해주는 PLC , 각 염료저장 탱크로부터 염료를 선별적으로 이송 시킬 수 있는 patch panel system 그리고 투입되는 액상염료를 pump에서 투입 위치(POMixer)까지 신속하게 이송하기 위한 Water carrying system으로 구성 된다.[4]

마지막으로 Computer color control part는 먼저 base paper(balnk)와 사용하는 염료의 각 농도별 reflectance를 기준으로 염료별 k/s ratio(k: absorption coefficient s: scattering coefficient)를 구하고 Kubelka-Munk 이론에 따라 최종 제품의 k/s ratio는 각각의 합으로 표현할 수 있다.

$$(k/s)_{product} = (k/s)_{basepaper} + \sum (k/s)_{colorants\ i} \quad (5)$$

Color control을 위한 염료별 투입량은 실험실에서 측정한 L\*, a\*, b\*를 통해 계산된 target tristimulus 값과 color sensor를 통해 on-line 측정된 product tristimulus 값의 차이 그리고 process gain으로 조정할 수 있다. Process gain은 각 colorant rate 변화에 따른 reflectance의 변화를 의미한다.[2]

$$G = E[\partial R/\partial(k/s)][\partial(k/s)/\partial c] \quad (6)$$

where,

G = process gain matrix

E = coefficient matrix

$[\partial R/\partial(k/s)]$  = derived from R to k/s relationship

$[\partial(k/s)/\partial c]$  = derived from the characteristic of colorant

c = colorant rate

Target shade의 L\*, a\*, b\*와 product의 L\*,a\*,b\* 차이를 dE로 표현할 수 있으며

$$dE = \sqrt{(dL^*)^2 + (da^*)^2 + (db^*)^2} \quad (7)$$

여기서 dE를 최소로 가져가는 것을 목적으로 한다.

### 3. 결 과

#### 3-1. POM System에서 색상 변경시 계내 염료 농도변화 시간 감소

POM system 설치 전/후 백색에서 고백색으로 지중 변경 시 염료 투입량 변경 후 reel 에서 제품의 F value를 측정하여 간접적으로 전/후 system의 효과를 분석하였다. Fig.2에서와 같이 POM 전/후의 time coefficient ratio 식(3)이 현장 측정 결과값 0.11와 이론값 0.09 로 비교적 이론값에 근접한 결과를 얻을 수 있었으며, 90%정도의 염료농도 변화시간 단축 효과를 얻을 수 있었다. 하지만 색상 교체시 이러한 시간단축 효과가 직접 나오지 않는 것은 기존 방법에서 색상 변경시 chest volume에 따라 염료를 첨가하는데 기인한다고 할 수 있다.

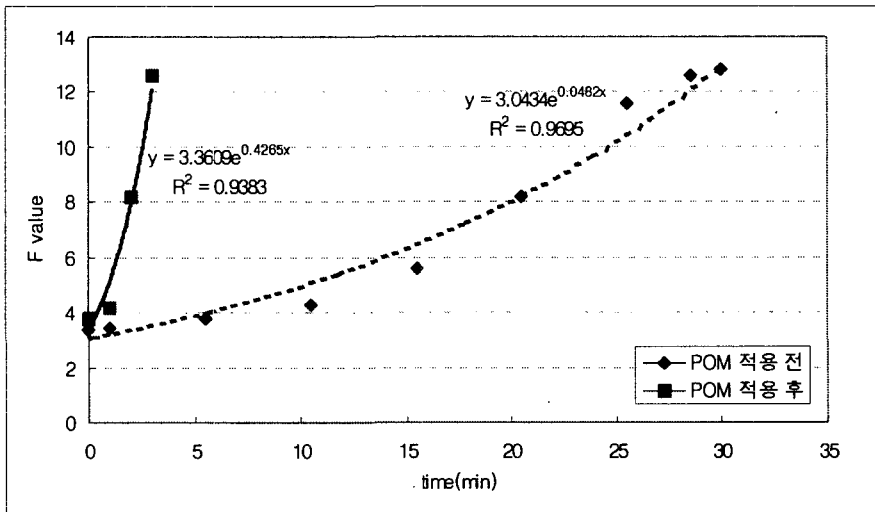


Fig.2 Comparison of F value increasing at different systems

### 3-2. CLCC 효과 분석

On line color control system 적용 후 색상교체 시간이 30%(평균 29분 → 22 분) 정도 단축 되었으며, 특히 30분이내의 색상교체 비율은 Fig.3 에서 보듯이 54% → 76% 수준으로 향상된 것을 볼 수 있다. 색상균일성의 경우 평균 dE Value 가 10% 정도 감소 하였으며 dE<1.0 비율이 65% → 80%로 향상되었다(Fig.4 )

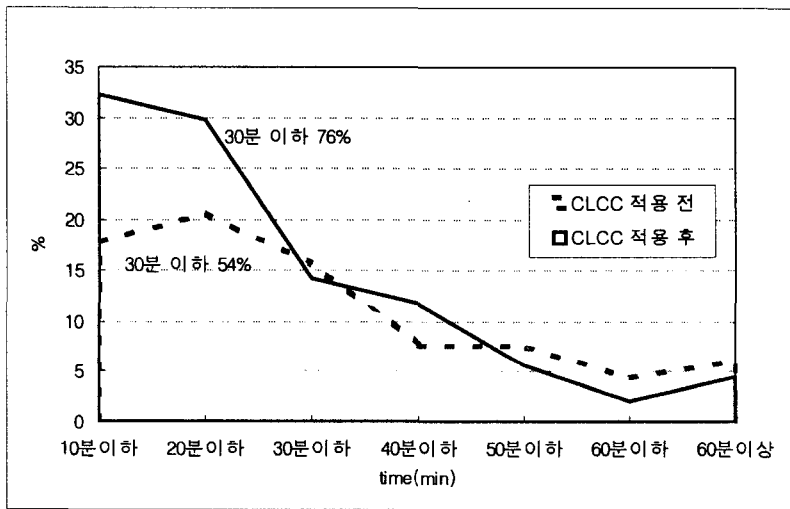


Fig.3 Comparison of shade change time distribution

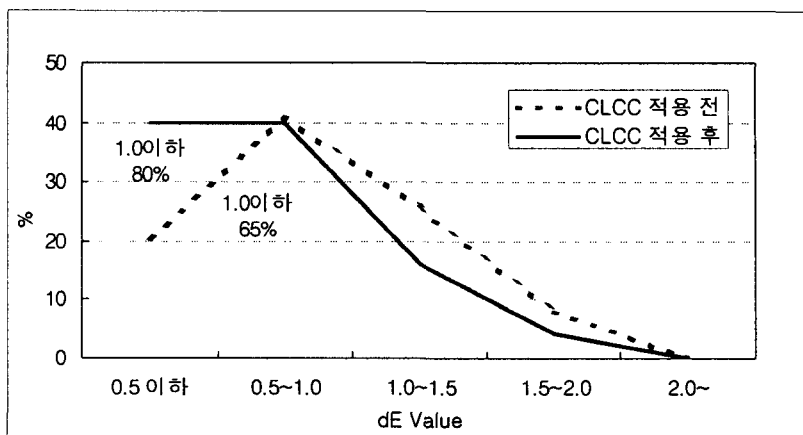


Fig. 4 Comparison of dE distribution

#### 4. 결 론

POM system 적용으로 thick stock volume 감소에 의한 계내 형광염료의 농도 변화시간이 90% 정도 단축되었으며 CLCC 적용 후 색상교체 시간은 30분 이내에 색상교체가 이루어지는 비율이 20% 증가되었고 색상균일성  $dE < 1.0$  이하의 제품비율이 15% 향상 되었다.

#### 인 용 문 헌

1. Paul Olof Meinander, Experience Confirms the Validity of Compact Papermaking System, 2001 TAPPI Papermaking Conference.
2. Shin-Chin Chen , Color Control System for Paper Machines, 1995 Process Control Conference.
3. 김경인, 김창순 색채 과학 개론 , 대광 서림
4. Joseph F. Murray , Intelligent Choices In Dye Delivery Systems for Continuous Coloring