

## 감압지용 마이크로 캡슐의 이론적 배경 및 개발동향

이복진 · 이해성 · 김시욱\* 한솔파텍 기술연구소  
박두봉 · 유영찬 한솔케미언스 기술지원팀

### 1. 서 론

감압지(No Carbon Required Paper)는 기존의 먹지를 대체하여 사용되는 기능지로 그 원리는 마이크로 캡슐(Micro capsule) 기술을 응용 발색인자인 로이코 염료를 안쪽(inside phase), 수지(UF, MF등)로 이루어진 보호층의 막(wall)을 바깥쪽(outside phase)로 하는 이중 phase를 이룬다.

로이코 염료는 단독으로 발색(색상을 발현)될수 없고 현색제(developer)와 반응시 발색이 되는데 캡슐내 로이코 염료가 압력(필압, 타자압)에 의해 외부 막이 깨져 하지 코팅층의 로이코 염료의 LATON 기를 개환할수 있는 현색제로 전이되어 발색을 시킨다.

감압지는 캡슐이 응용되는 지종으로 상지(CB), 중지(CFB), SCP(Self Contained Paper)등이 있으며 그 외 현색제가 도공된 하지(CF)가 있다.

감압지 용도로는 다매복사(2p~7p)로 사용되는 전표, 영수증, 계약서등이며 종전의 먹(carbon)을 사용할시 불편함의 개선은 물론 현대 지류의 대량화, 고속화의 소비자 요구를 충족시켜 줄수 있게 되었다.

그 역사는 1954년 NCR사(지금은 Arjo wiggins Appleton)에서 개발되었는데 감압지의 지종 및 용도별 다양한 소비자의 욕구에 따라 마이크로 캡슐도 개발을 거듭 하게 되었다.

마이크로 캡슐의 주원료인 염료(dye), Solvent(OIL), Wall material, 유화제 선정 및 반응조건에 따라 발색색상, 발색농도(color density), wall 강도, 캡슐 고형분, 유화안정성 등이 결정된다.

감압지에서 마이크로 캡슐의 원가측면에서 원지(base paper) 다음으로 큰 비중을 차지하며 품질적으로는 발색특성, 스머지(smudge)의 특성을 결정하므로 그 중요성은 아무리 강조하여도 지나침이 없을것이다.

이와 같은 중요성을 지닌 마이크로캡슐의 이론적 배경과 그동안 캡슐의 제조회사인 한솔케미언스와 감압지 생산자인 한솔파텍의 공동개발을 통해 캡슐의 입도(particle size), 염료농도, wall material등의 변경을 통한 감압지 지종별(상지, 중지, SCP지) 최적 조건의 캡슐 GRADE를 선정함으로써 품질 향상 및 원가절감 실적 사례를 설명하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

- 마이크로 캡슐 : 한솔케미언스 생산한 캡슐(고형분 40%)을 사용하였음.
- 원지(base paper) : 캡슐의 품질을 비교하기 위한 감압원지는 한솔파텍 PM2에서 생산한 100% virgin 펄프를 원료로 하였음.

### 2.2 마이크로 캡슐과 감압지의 이해

마이크로 캡슐이란 내용물질(core material)을 외계와 차단시키기 위하여 일정막으로 둘러싼 1~20 $\mu\text{m}$  크기의 구형물질로서 그림1과 같이 로이코 염료(CVL)을 발색인자(color former)로 하여 현색제(developer)의 OH기와 반응하여 LATON기가 개환하여 발색을 시킨다.

감압지에 사용되는 캡슐의 입도는 대개 3~7 $\mu\text{m}$ 가 사용되고 있으며 감압 상지(CB)의 코팅표면층의 캡슐 분포는 그림2와 같으며 생산 및 사용시 캡슐파괴(스머지)를 방지하기 위해 캡슐 SIZE의 3~4배인 소맥전분(Spacer)를 사용한다.

감압지용 염료는 로이코 염료가 대부분이며 그 종류로는 CVL(Cristal Violet Latone), BLMB(Benzoyl Leuco Methylene Blue)등이 있으며 이 염료를 용해시키기 위한 solvent는 PXE(phenyl Xylyl ethane), Alkyl Naphtalene등이 사용된다.

마이크로 캡슐을 제조 방법은 monomer나 prepolymer를 이용한 In-Situ법과 계면중합법 등에 의해 중합하여 합성 캡슐막을 제조하는 2종류가 가장 많이 사용되는데 그중 UF, MF를 이용한 Wall을 구성하는 In-Situ법을 적용하였다.

마이크로 캡슐을 응용하여 생산되는 감압지의 지종별 구분은 그림3와 같이 캡슐 단독으로 도공되는 상지(CB), 중지(CFB)와 캡슐(Color former)과 현색제(Developer)가 하나의 도공층에 함께 코팅되어 압력이 가해질시 자체적으로 발색이 되는 SCP지가 있다.

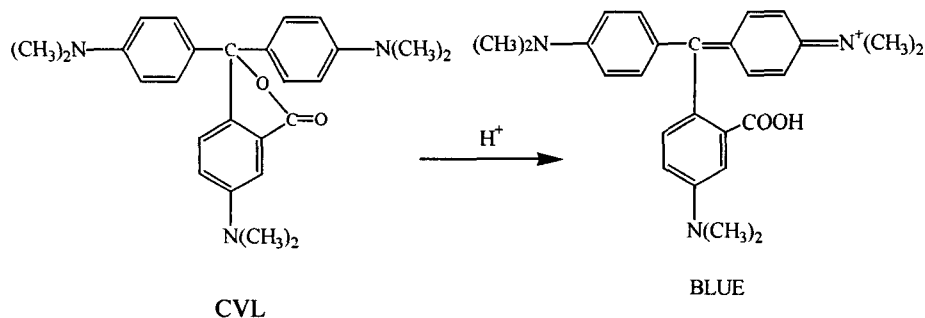


그림1. 로이코 염료(CVL)의 발색 Mechanism

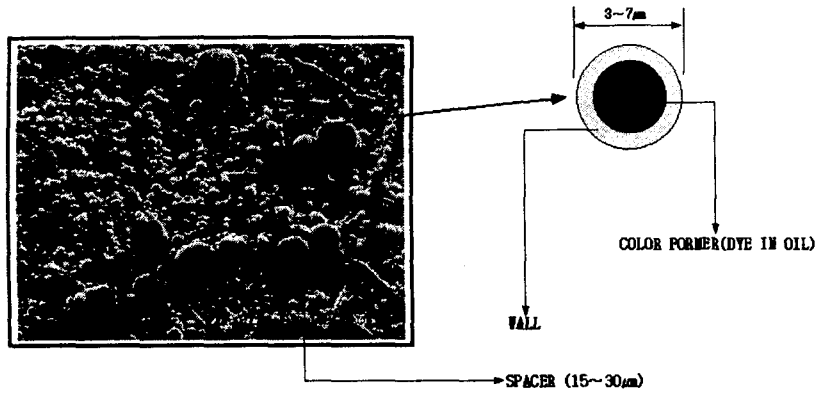


그림2. 상자(CB) 코팅 표면의 마이크로 캡슐 분포

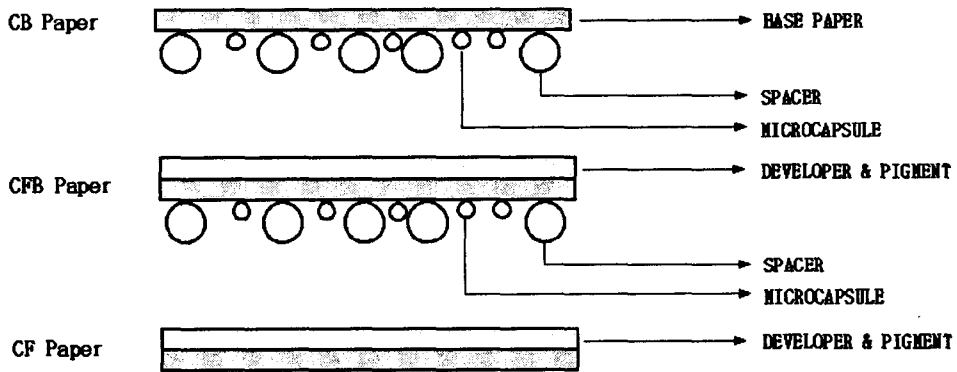


그림3. 감압지 지종별 마이크로 캡슐 응용

### 2.3 실험방법

#### 2.3.1 마이크로 캡슐의 입도 (particle size)에 대한 평가

캡슐의 제조시 유화시간을 조정함으로써 입자 size를 2.5, 3.5, 4.5, 5.5  $\mu\text{m}$ 로 생산하여 비교하였음.

#### 2.3.2 염료농도 (solvent량에 대한 로이코 염료의 비율)에 대한 평가

로이코 염료의 solvent인 OIL에 대한 염료 용해 농도를 3%, 4%, 5%, 6%로 구분

#### 2.3.3 Wall material 함량에 대한 평가

캡슐 전체 고형분에 대한 wall material 함량비를 5%, 10%, 15%, 20%로 구분 생산하여 비교하였음.

### 2.3.4 도공량에 비교에 의한 평가

캡슐을 주로한 코팅용 color를 조제하여 캡슐 개선 적용시 도공량 감소효과를 비교하였음.

### 2.3.5 품질 평가 방법

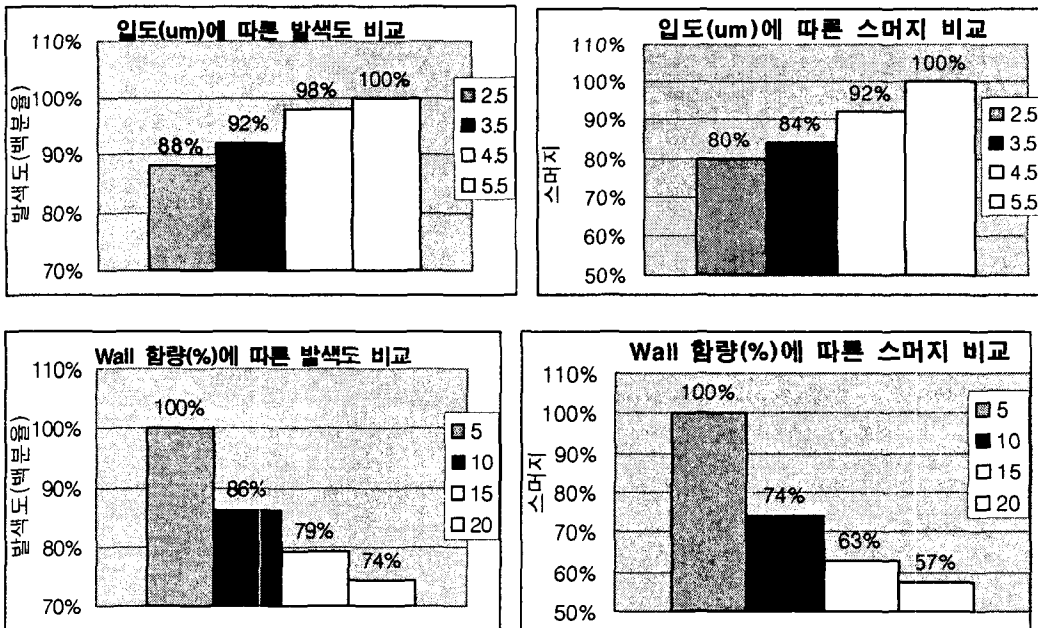
가) 발색도(Coloring density) : EPSON (기종: LQ 570) 도트 프린터로 표준화지 (CF)와 측정하고자 하는 상자(CB)를 합치하여 발색시켜 10초후 O.D값을 백분율로 비교. (백분율 값이 클수록 양호함)

나) 스머지(Smudge) : 캡슐 강도 및 스머지 측정용으로 현색제의 주성분인 zinc salicylate로 제조된 CHECKER로 캡슐 도공된 코팅면에 처리하여 105℃ \* 1분 보관후 발생된 발색된 (스머지) O.D 값을 백분율로 비교. (백분율 값이 작을수록 양호)

다) 발색농도계 : Macbeth (TR 1224) 사용 color density비교.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 감압 상자(CB), 증지(CFB) 마이크로 캡슐에 따른 발색도 & 스머지 비교



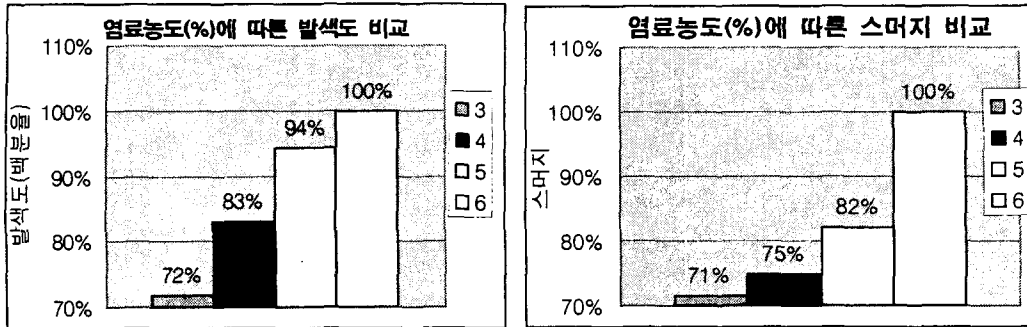


그림4. 마이크로 캡슐 입도, WALL함량, 염료농도에 따른 발색 & 스머지 비교

상기 그림4의 Lab Test을 통해 기존동일한 캡슐 grade에서 상지, 중지 지중별 요구하는 품질적성 개선 및 상지에서의 캡슐사용량 절감(도공량 down)을 하고자 표1과 같이 구분하여 그림5와 같은 결과를 얻었다.

구분	1. 기존(상지,중지)	2. 신규(상지-1)	3. 신규(상지-2)	4. 신규(중지)
입도( $\mu m$ )	3.5	4.5	4.5	3.5
wall함량(%)	10	10	10	15
염료농도(%)	4	5	5	5
도공량(gsm)	4.0	4.0	3.0	4.0

표1 감압지 지중별 캡슐 사양에 따른 비교

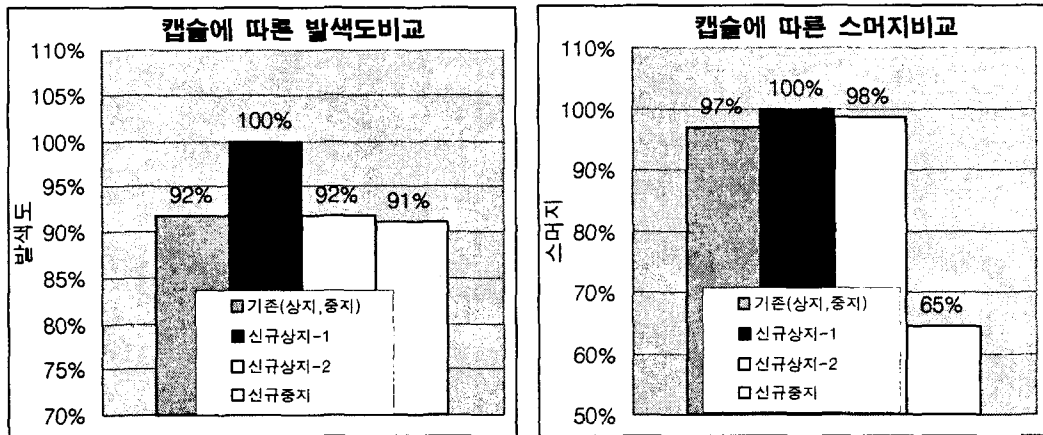


그림5. 캡슐 변경에 따른 기존 캡슐과 신규 개선후 상지, 중지 캡슐 비교

### 3.2 마이크로 캡슐의 개선을 통한 감압지 품질 & 원가 비교

#### 3.2.1 발색도 (color density) 비교

구분	1.기존(상,중지)	2. 상지(개선-1)	3. 중지(개선)	비고
발색도(%)	92	100	91	백분율 비교

#### 3.2.2 스머지 비교

구분	1.기존(상,중지)	2. 상지(개선-1)	3. 중지(개선)	비고
스머지(%)	97	100	65	백분율 비교

#### 3.2.3 마이크로 캡슐 개선을 통한 감압상지(CB) 원가절감 실적

구분	1.기존(상지)	2. 상지(개선-2)	도공량차(1-2)	원가차이
도공량(gsm)	4.0	3.0	1.0	약 60천원절감/톤

## 4. 결론

마이크로 캡슐을 기존에 감압 상지(CB), 중지(CFB) 단일 grade 사용으로 인한 상지에서 발색도 및 원가문제, 중지에서의 스머지(smudge) 발생등의 문제가 항상 대두되어 왔다.

이에 한솔케미언스와 마이크로 캡슐 공동연구개발로 감압지의 지중별로 최적의 캡슐을 선정 사용함으로써 감압지의 가장 중요한 품질특성인 발색도, 스머지 개선은 물론 상지에서 동일 품질상 원가절감도 달성하게 되었으며 다음과 같은 캡슐 유형과 감압지 품질 관계를 확인할수 있었다.

- 가) 캡슐의 입도(particle size)가 클수록 소폭의 발색도 개선, 스머지 증가 되었음.
- 나) 염료농도 증가에 따른 발색도 개선, 스머지 증가(불량) 효과는 입도대비 크며 5% 이상시 스머지가 매우 불량해지므로 4~5%가 가장 최적의 조건으로 확인.
- 다) wall 함량도 염료농도와 함께 wall 감소에 따른 발색도 개선효과가 크며 10% 미만시 스머지가 매우 불량하므로 10~15%가 적합한 것으로 확인.

본 논문에 언급하지는 않았지만 마이크로 캡슐 제조시 로이코 염료, solvent, wall material type(UF, MF 수지), 유화제 종류, 유화 중합조건등에 대해 광범위한 공동연구개발을 통한 Trial로 캡슐 및 감압지에 미치는 품질적 특성을 파악하여 적용함으로써 상기 품질개선을 실현할 수 있는 바탕이 되었다.

또한 상지, 중지의 캡슐 제조 및 응용기술을 바탕으로 SCP(Self Contained paper)에서 최적의 마이크로 캡슐선정 사용이 가능할수 있게 되었다. 앞으로 감압지 사용 고객의 다양한 욕구에 따른 다매 복사성등 우수한 발색특성과 고속인쇄기 작업과 같은 후가공 공정에서의 마이크로 캡슐 안정성 확보의 품질적 요구와 함께 수입관세 인하로 더욱 치열해질 가격경쟁력 확보라는 이중적 과제에 맞추어 마이크로 캡슐은 이러한 시대의 요구사항에 따라 개발되어 나아가야 하겠다.