

# 고급알코올에 의한 토너의 응집처리가 부유부상 탈묵효과에 미치는 영향

허용성 · 이학래<sup>†</sup>

(2004년 2월 18일 접수: 2004년 4월 15일 채택)

## Effects of Agglomeration of Toner Particles with Fatty Alcohol on Flotation Deinking Efficiency

Yong Sung Huh and Hak Lae Lee<sup>†</sup>

(Received on February 18, 2004: Accepted on April 15, 2004)

### ABSTRACT

Toner particles used in laser and xerographic printing process is fused on paper surface so strongly that they tend not to detach easily from the recycled paper surface during pulping. Furthermore, the removal efficiency of detached toner particles by conventional screening and flotation process has limitation due to the platy shape and large size of detached toner particles. It has been shown that the removal efficiency of toners in the screening process can be increased by agglomerating the toner particles with fatty alcohol. It is not possible, however, to remove small and platy toner particles by screening process. These small and platy toner particles should be removed by flotation process. In this study the effect of fatty alcohol that used for toner agglomeration on flotation efficiency has been examined. It was shown that flotation efficiency decreased when fatty alcohol was used most probably due to its effect of reducing hydrophobicity of toner particles.

**Keywords** : fatty alcohol, toner, agglomerating agent, flotation

### 1. 서 론

최근들어 복사기와 레이저 프린터의 사용이 급증하면서 토너로 인쇄된 백상지 폐지의 양 또한 크게 증가하고 있다. 이들 사무용 고지 내에는 고

품질의 펄프가 다량 함유되어 있어 이들의 효과적인 재활용 기술이 확립된다면 천연펄프의 훌륭한 대체 자원으로서 큰 효과가 있을 것이라 생각된다.

그러나 실제로 사무용고지와 복사고지는 저급지종인 판지, 화장지 등의 원료펄프로 사용되고 있

• 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과 (Department of Forest Products, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Rep. Korea)

† 주저자 (Corresponding author) : lhakl@snu.ac.kr

을뿐 고급용지의 생산에는 널리 사용되지 못하고 있는 실정이다. 이러한 문제의 원인은 복사고지 내에 포함되어 있는 토너 잉크의 제거가 어려워 백색도와 험잡물이 중요한 품질 규격인 고급 용지의 원료로 적합하지 않기 때문이다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 복사고지를 효과적으로 탈묵하여 고급지종에도 재생펄프를 배합할 수 있게 하는 고지처리기술의 개발이 시급히 요청되고 있다.

그러나 사무용고지는 기존의 탈묵법으로는 효과적인 탈묵이 어려운 폐지라는 문제점을 가지고 있다. 이는 복사나 레이저 프린터에 사용되는 토너 잉크는 카본블랙 안료와 열가소성 고분자인 바인더로 구성되어 있어 열에 의해 용융되어 용지에 강고하게 융착되므로 섬유로부터 완벽한 박리가 어렵고, 박리된 잉크라도 그 크기가 부유부상 제거영역의 범위를 초과하는 경우가 많으며, 종종 섬유를 포함하는 토너/섬유 집합체(hairy particle)를 형성하여 친수성을 띠기 때문에 기존의 부유부상법에 의해서 잘 제거되지 않기 때문이다.<sup>1-4)</sup> 복사고지의 재활용이 어려운 또 다른 이유로는 박리된 잉크라 할지라도 얇은 판상의 형태를 띠기 때문에 스크린 등 기존의 처리 방법으로 제거가 어려운 문제를 지니고 있다는 것이 지적되고 있다.<sup>5)</sup>

이러한 문제점을 극복하기 위해 전보에서는 융착된 토너 입자를 박리시키고 부유부상에 적합한 크기 범위를 벗어나는 토너 입자를 온도, pH 및 응집제를 활용하여 스크린으로 제거가 가능한 조대한 상태로 응집시킴으로써 스크린의 분리 효과를 증대시킬 수 있는 방안을 모색하였다.<sup>6)</sup> 하지만 이러한 처리를 통하여 잔류하는 미립의 토너 입자를 제거할 수 없기 때문에 고백색도의 재생펄프를 생산하기 위해서는 잔존하는 잉크 입자를 부유부상을 통해 제거하는 것이 요청된다. 본 연구에서는 고급 알코올을 이용하여 토너 입자를 응집시킴으로써 스크린에서의 분리효율을 증대시킬 경우 잔류 토너의 부유부상 효과에는 어떠한 변화가 발생하는지 구명코자하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시 재료

공시재료로 복사용지에 건식 토너를 이용하여 편면의 복사면적이 30%가 되도록 편면 복사하여 사용하였다. 복사고지 제조에 사용된 복사용지는 회분함량이 18%이며, 치환도 0.04의 내침용 타피오카 양성 전분과 사이즈제 AKD를 포함하고 있고, 옥수수 전분으로 size press 처리되었다. 자세한 원지의 특성은 전보와 같다.<sup>6)</sup> 응집제로는 지방산 알코올인 1-octadecanol을 사용하였다. 부유부상 계면활성제로는 stearyl alcohol 계통의 비이온성 계면활성제를 사용하였다. 이 비이온성 계면활성제의 EO:PO 비율은 18:11이며, 담점은 40℃였다.

### 2.2 실험방법

편면 복사된 복사용지를 일정한 크기(3 cm×3 cm)로 절단하여, 해리 및 스크린 처리를 실시하였다. 자세한 방법은 전보에 기술된 바와 같다<sup>1)</sup>. 진동 스크린을 통과한 저농도(약 0.2%)의 지료를 100 mesh의 금망을 이용하여 농축하여 농도가 약 1.5%가 되도록 하였다. 이후 지료를 40℃의 온수를 이용하여 농도가 0.8%가 되도록 희석한 뒤 Voith Cell A 타입의 부유부상기를 이용하여 부유부상하였다. 부유부상 조건은 온도 40℃, pH 7, 비이온성 계면활성제 첨가량 0.1%, 공기투입량 5 L/min으로 고정하고 10분 동안 부유부상하였다.

부유부상처리를 거친후 각각의 처리된 펄프로 TAPPI test method T218 om-91에 의거하여 패드를 제조하였고 이를 Technidyne 사의 백색도 측정기를 사용하여 측정하였다. 또 부유부상처리를 거친 후 평량 80 g/m<sup>2</sup>의 수초지를 제조하고 이를 Hewlett Packard사의 Desk Scan II에서 스캐닝하여 화상을 이미지화하고 BMI image analyzer를 이용하여 수초지에 잔존하는 토너 잉크 입자의 직경, 면적, 갯수 등을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

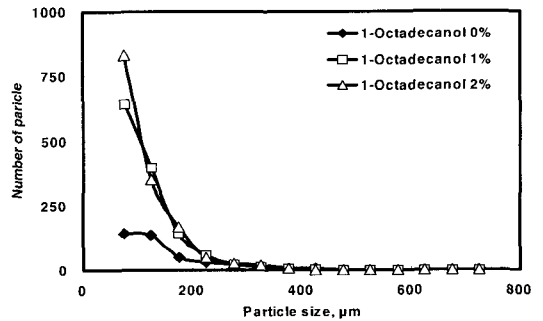
### 3.1 부유부상처리 후 토너 입자의 변화

부유부상 효율에 대한 스크린 처리의 영향에 대

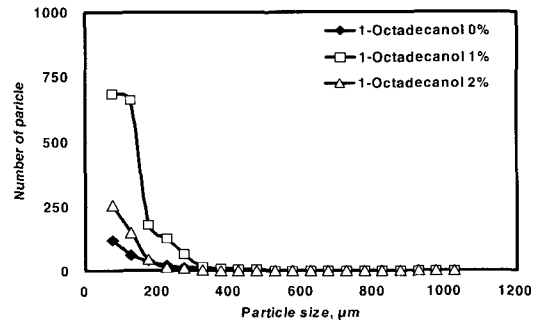
해 알아보기 위해 부유부상 처리 후 토너 입자의 크기를 조사하였다. 1-octadecanol을 이용한 응집 처리후 스크리닝을 통해 조대한 잉크 응집체를 제거한 후 100 mesh 금망을 거쳐 세척한 자료를 동일한 조건으로 부유부상 처리하였다. 그리고 스크린 처리하지 않은 해리된 복사고지 또한 세척처리하여 부유부상한 후 이들로부터 수조지를 제조하여 화상 분석 하였다. 그 결과 Fig. 1에서 보는 것과 같이 스크린 처리 여부보다는 응집제의 투입량에 따라서 부유부상 효율이 결정되었다. 스크린처리 후 부유부상하였을 때 잔존하는 토너 입자의 갯수를 스크린처리하지 않은 경우와 비교하면 입경 100  $\mu\text{m}$ 의 입자 갯수가 가장 크게 감소하였음을 할 수 있다. 그러나 응집처리 시 응집제의 투입량이 증가할수록 부유부상이 더 어려운 것으로 나타났다. 이는 응집제의 투입에 의해 토너 입자의 표면특성이 변화하였기 때문이라 판단된다.

토너의 유리전이온도 이상에서 응집처리하면 토너 입자가 서로 응집하여 구형의 조대한 응집체를 이룰 뿐만 아니라, 미세하게 박리되어 분산된 상태로 존재하는 토너 입자도 부유부상에 적합하지 않은 형태로 변형되었을 것으로 추정된다. 토너 입자는 일반적으로 판상 형태의 입자로 박리되고 이러한 토너 입자의 모서리 부분이 기포에 흡착되어 부유부상된다.<sup>7,8)</sup> 만일 토너 입자가 응집 효과로 인하여 그 크기가 증가하거나 모양이 구형으로 바뀌게 되면 공기 방울과의 충돌 및 포집 확률이 저하되어 부유부상 효과가 저하된 것이라 판단된다.<sup>8)</sup> 또 1-octadecanol이 토너 입자 표면에 흡착되면 표면의 소수성이 감소되어 부유부상에 부적합한 표면 특성을 나타낼 수도 있다고 판단된다. 결과적으로 입자 크기가 조대한 잉크 입자는 스크린을 통해 제거되고, 스크린을 통해 제거되지 않은 250  $\mu\text{m}$  이하의 토너 입자는 부유부상을 통해 대부분 제거되어야 하지만, 입경이 부유부상에 적합한 크기 범위에 속하는 200  $\mu\text{m}$  이하의 토너 입자라 할지라도 1-octadecanol이 사용된 경우에는 형태적으로 또 표면화학적으로 부유부상에 부적합한 결과를 초래할 수 있다고 판단된다.

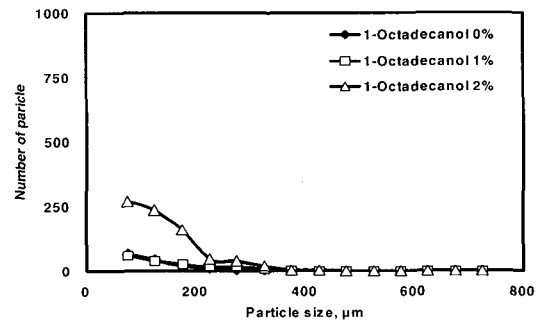
복사고지 내 토너 입자를 응집시켜 이를 스크린으로 제거한 후 부유부상 처리한 경우와 스크린처



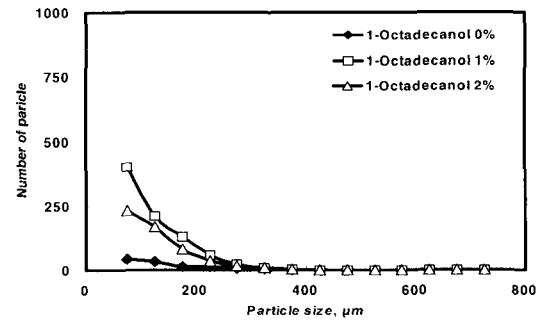
(a) Flotation without screening at 70°C and pH 7



(b) Flotation after screening at 70°C and pH 7



(c) Flotation after screening at 70°C and pH 3



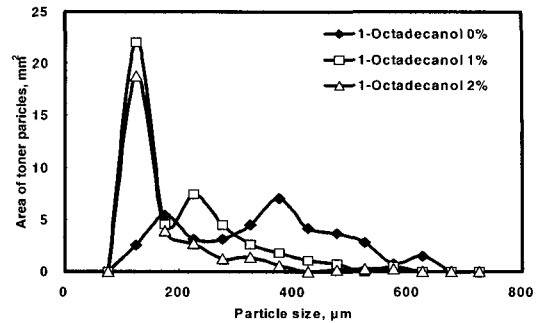
(d) Flotation after screening at 70°C and pH 11

Fig. 1. Number of toner particles on the particle size distribution after flotation.

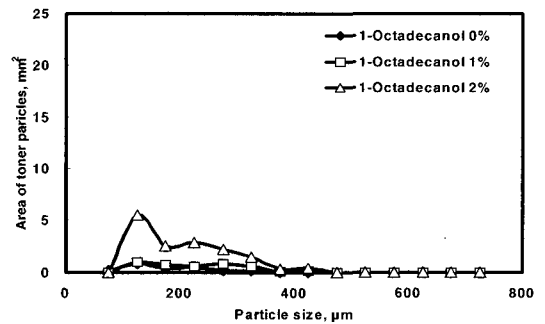
리 없이 부유부상 처리한 경우 수초지에 나타나는 토너 입자의 면적을 화상분석한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 (a), (c), (e)에서 보는 것과 같이, 미세한 토너 입자 뿐만 아니라 입자 크기가 250-800  $\mu\text{m}$ 에 이르는 조대한 토너 입자가 제거되지 않고 남아있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 스크린처리 후 부유부상을 실시한 경우에는 수초지에 잔존하는 토너 입자의 면적이 크게 감소하였다. 특히 산성과 알칼리성에서 처리한 경우에는 조대한 입자 뿐 아니라 미세한 입자도 크게 감소되었다.

이는 스크린처리의 제거 효율이 산성과 알칼리 상태에서 크게 나타나며 부유부상 효과 역시 중성 이외의 조건에서 높게 나타남을 보여주고 있다. 이는 또 스크린처리에 의한 토너 응집체를 제거가 부유부상 공정 부하를 줄일 수 있음도 시사한다.

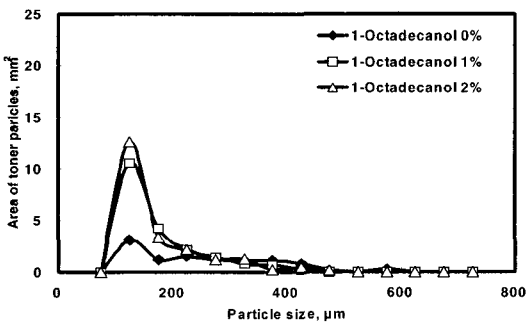
그러나 토너 응집체를 형성하기 위하여 투입한 응집제의 효과는 부유부상을 통한 토너 입자의 제거에 부정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉 Fig. 2의 (b), (d), (f)에서 보는 것과 같이 응집제를



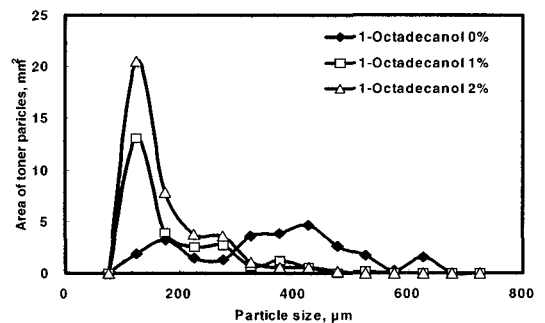
(c) Flotation without screening at 70°C and pH 3



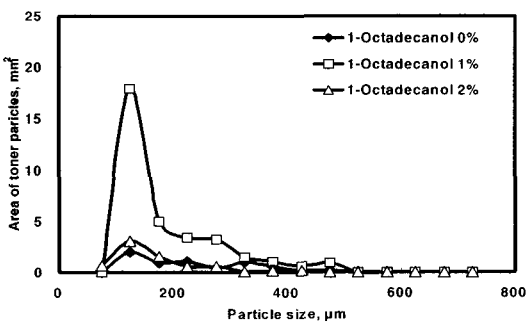
(d) Flotation after screening at 70°C and pH 3



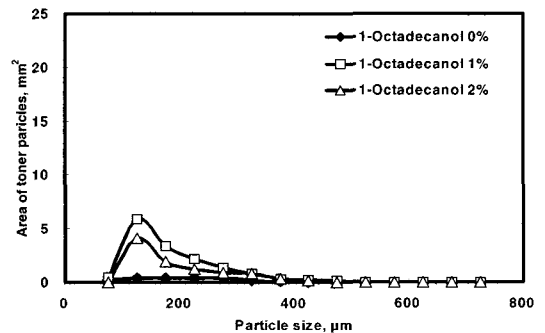
(a) Flotation without screening at 70°C and pH 7



(e) Flotation without screening at 70°C and pH 11



(b) Flotation after screening at 70°C and pH 7



(f) Flotation after screening at 70°C and pH 11

Fig. 2. Area of toner particles on the particle size distribution after flotation.

투입한 경우에는 토너 입자가 잘 제거되지 않은 것으로 나타났다. 특히 Fig. 2의 (d)에서 응집제의 투입량이 증가할수록 크기 100  $\mu\text{m}$ 의 토너 입자가 차지하는 면적이 1-2  $\text{mm}^2$  미만이었던 것이 1-octadecanol 2% 첨가 시 면적이 5-6  $\text{mm}^2$ 로 크게 증가되었다.

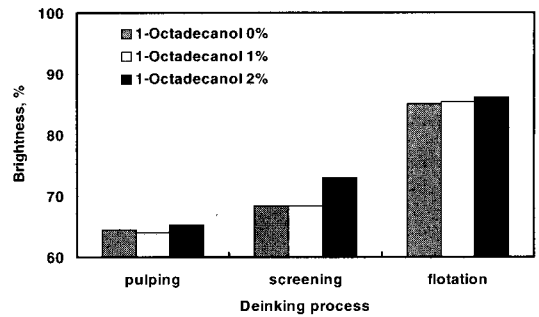
이러한 결과는 1-octadecanol에 의한 효과를 극대화시키기 위해서는 적절한 투입량과 사용조건의 설정이 필요함을 보여준다.

### 3.2 토너 입자의 응집에 따른 백색도 변화

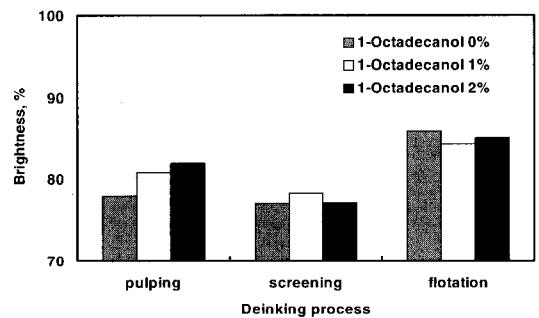
토너 입자의 변화가 백색도에 미치는 영향을 알아보기 위해 응집처리, 스크린처리, 부유부상처리에서 얻어진 치료로부터 패드를 제조하여 백색도를 측정하였다. 그 결과, Fig. 3에서 보는 것과 같이 토너의 유리전이온도 이하인 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 펄핑한 결과 백색도가 크게 낮았을 뿐만 아니라 응집제의 효과도 적은 것으로 나타났다 (Fig. 3(a)). 하지만 70 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 펄핑한 결과에서는 응집제의 투입량에 따라 백색도가 증가하는 결과를 보였다 (Fig. 3(b)-(c)). 이는 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 펄핑하면 미세한 토너 입자가 증가하여 백색도를 감소시키나, 고온에서 펄핑한 경우에 유리전이점 이상의 토너 입자가 1-octadecanol에 의해 서로 응집하여 조대한 응집체로 성장하므로 토너 입자의 갯수가 감소하여 백색도를 향상시키기 때문이다.<sup>6,9,10)</sup>

스크린처리 후 백색도 향상 효과는 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 펄핑한 경우를 제외하고는 펄핑처리 후에 비하여 그 효과가 미미하였거나 오히려 저하된 것으로 나타났다. 특히 70 $^{\circ}\text{C}$ , pH 7에서 토너 입자를 제거한 경우에는 Fig. 3의 (b)에서 보는 것과 같이 스크린처리 후 백색도가 감소하였는데, 이는 응집된 토너 입자가 스크린처리 과정에서 다시 작게 분산되어 백색도를 감소시켰기 때문으로 판단된다. 이러한 결과는 중성 조건에서의 처리가 토너 응집제의 응집강도가 가장 낮다는 것을 보여준다.

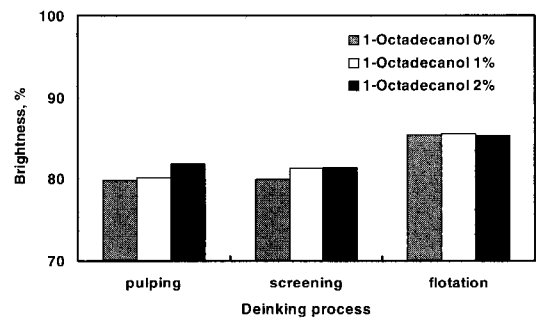
Fig. 3의 (c)와 (d)에서 스크린처리 후 백색도는 응집제의 투입량이 증가함에 따라서 증가하였다. 그러나 스크린처리 후 백색도는 펄핑 후와 거의 비슷하였다. 그러나 앞에서 본 바와 같이 스크린처리 후 토너 입자의 갯수는 현저히 감소하였으며 그 먼



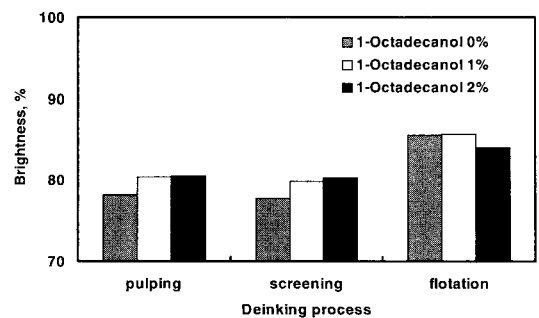
(a) At 50 $^{\circ}\text{C}$  and pH 7



(b) At 70 $^{\circ}\text{C}$  and pH 7



(c) At 70 $^{\circ}\text{C}$  and pH 3



(d) At 70 $^{\circ}\text{C}$  and pH 11

Fig. 3. Brightness after pulping, screening, and flotation.

적 또한 크게 감소되었다. 그런데 이러한 토너 입자의 변화가 백색도 향상에 기여하지 못한 것은 입자 크기가 큰 조대한 토너 응집체가 주로 제거되고 응집되지 않은 미세한 토너 입자가 잔류하였기 때문으로 판단된다.

한편 부유부상처리 후 백색도는 전반적으로 크게 향상되었다. 그러나 응집제의 효과는 나타나지 않았고 오히려 백색도를 감소시키는 경향이 있었다. 이는 부유부상처리 후 수초지에 잔존하는 토너 입자의 화상분석 결과와 마찬가지로 1-octadecanol의 흡착에 의해 토너 입자의 소수성이 감소된 때문으로 판단된다.

#### 4. 결 론

사무용 고지의 상당량을 차지하는 복사고지는 열과 압력으로 용착된 합성고분자 물질인 토너를 함유하고 있으며, 이들은 펄핑 후 크고 판상 형태의 잉크 입자를 형성하여 기존의 부유부상법으로 제거가 곤란하다. 따라서 복사고지를 효과적으로 재활용할 수 있는 탈묵방법으로 1-octadecanol에 의해 토너 입자를 조대한 응집체로 형성시키고 이를 기존 탈묵 시설인 스크린처리로 제거한 다음 부유부상 처리하는 방법을 모색하였다.

실험 결과 이들 토너의 부유부상에 의해 미세한 토너의 함량이 크게 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 1-octadecanol의 첨가량이 증가하면 부유부상 효과가 감소되었으며 이는 지방산 알코올에 의해 토너 표면의 친수화 현상 때문으로 판단되었다. 또 펄핑 시 미세한 토너 입자의 응집이 유도되면 백색도 향상에 큰 효과가 있었다.

#### 사 사

이 연구를 수행함에 있어 BK-21사업의 지원이 있었음.

## 인용문헌

1. Darlington, W. B., A new process for deinking electrostatically-printed secondary fiber, *Tappi J.* 72(1) : 35-38 (1989).
2. Masamizu, K., Egawa, J., Hagiwara, M., and Ukigai, T., Development of deinking agents for flotation system : Part 3. 1996 Recycling Symposium, TAPPI PRESS, Atlanta, 229-237.
3. Vidotty, R. M., Johnson, D. A. and Thomson, E. V., Influence of toner detachment during mixed office waste paper repulping on flotation efficiency, Part I : particle fractionation, *Pulp and Paper Canada* 98(4) : 55-59 (1997).
4. Johnson, D. A. and Thomson, E. V., Fiber and toner detachment during repulping of mixed office waste containing photocopied and laser-printed paper, *Tappi J.* 78(2) : 41-46 (1995).
5. Snyder, B. A. and Berg, J. C., Effect of particle size and density in flotation deinking of electrostatic papers, *Tappi J.* 77(7) : 157-159 (1994).
6. 이학래, 허용성, 고급알코올을 이용한 토너의 응집 및 스크리닝을 통한 제거효과, *펄프종이기술* 36(2) : 24-32 (2004).
7. Heindel, T. J., Fundamentals of flotation deinking, *Tappi J.* 82(3) : 115-124 (1999).
8. Paulsen, F. G., Berg, S. R., Vidotti, R. M., Johnson, D. A. and Thompson, E. V. Thompson, Measurement of long-range hydrophobic attraction forces and their relationship to deinking flotation. Part II, 1997 Recycling Symposium, TAPPI PRESS, Atlanta, 41-52.
9. Quick, T. H. and Hodgson, K. T., Xerography deinking a fundamental approach, *Tappi J.* 69(3) : 102-106 (1986).
10. Berg, S. R., Johnson, D. A. and Thompson, E. V., Toner detachment during repulping of laser printed office copy paper, 1996 Recycling Symposium, TAPPI PRESS, Atlanta, 363-373.