

비이온 계면활성제를 이용한 복사고지의 중성탈묵

정영재 · 이학래†

Neutral Deinking of Photocopied Papers with Nonionic Surfactants

Young Jae Chung and Hak Lae Lee†

ABSTRACT

MOW (Mixed Office Waste) mainly consisted of photocopied paper is being recycled to produce tissue or fine paper products. Toner particles that are fused and set on paper surface in photocopying process turns into large and plate-shaped particles after repulping which prevents them to be removed effectively in flotation deinking. The immediate purpose of this study is to find the effective deinking technology that increases the recycling potential of photocopied papers for manufacturing tissue and fine paper products. In this study the effects of pulping temperature and the type of hydrophobic groups of nonionic surfactants on the deinking efficiency of photocopied paper has been investigated. Particle size distribution of the toner particles after pulping and flotation, brightness, yield and ash removal were investigated.

The size of toner particles after pulping increased as the pulping temperature was increased. When pulping at the low temperature finer toner particles were generated, however, greater amount of toner particles was found to attach to the fiber. When the pulping temperature was greater than Tg of the toner, the amount of coarse hairy particles increased.

When nonionic surfactants with a double bond in hydrophobic groups were used, toner removal efficiency, brightness and ash removal were increased. As the addition level of surfactant was increased, yield decreased rather sharply without improving brightness.

Keywords: neutral deinking, toner, nonionic surfactant, hydrophobic group, brightness, yield, ash removal, hairy particle

1. 서론

최근에 전세계적으로 생태계 보존과 환경 보호운동

이 확산되면서 자원재활용에 대한 관심이 증가되고 있다. 자원재활용 산업의 대표적인 산업이라 할 수 있는 제지산업분야에서는 이러한 변화가 고지 사용량 증가

• 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Department of Forest Products, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: lhakl@plaza.snd.ac.kr

로 나타나고 있다. 고지는 현재 세계 지류 생산원료의 절반을 차지하고 있으나 그 비율은 원가절감이라는 경제적인 이유에서뿐 아니라 강화되어가는 환경보존정책에 따라서 더욱 증가될 것이 분명하다. 국내 제지산업의 고지 사용률은 1999년 현재 약 69%를 기록하여 상당히 높은 수준이지만 고지로부터 고품질의 제품을 경제적으로 생산하기 위해서는 더욱 많은 연구개발이 필요한 실정이다.

고지는 크게 신문고지, 잡지고지, 골판지고지, 사무용고지 등으로 나눌 수 있다. 이들 가운데 우리나라에서는 특히 신문고지와 골판지고지의 회수율이 높게 나타나고 있으며 신문용지와 라이너지의 재생펄프 사용률도 각각 70%와 90% 이상으로 외국에 비해 상대적으로 높은 편이지만, 화장지나 펄기·인쇄 용지에 사용되는 사무용 고지(MOW: Mixed Office Waste)는 회수율이 적어 사용율이 크게 낮을 뿐 아니라 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다. 사무용 고지에는 각종 폐지가 섞여 있으나 복사고지와 컴퓨터 프린트 아웃(CPO: Computer Print Out), 특히 레이저 프린트 고지가 주를 이루고 있다. 복사기 및 레이저 프린터 사용의 일반화에 따라서 앞으로 복사고지의 양은 더욱 증가할 것으로 예상되며 따라서 이와 같은 고품질 고지의 자원으로서의 잠재성과 중요성은 더욱 높아질 것으로 예상된다.

복사기와 레이저 프린터에 사용되는 토너는 카본블랙(carbon black)과 styrene-butadiene copolymer, acrylic polymer, polyester 등 열가소성 고분자 바인더로 구성되어 있다. 이들 열가소성 고분자는 복사기의 드럼에 의해 종이에 용융·정착되며 복사고지의 재활용시 해리되면 사이즈가 크고 얇은 판상형태로 분리되므로 스크린 처리로 분리하기 어렵고 또한 섬유를 포함하는 hairy particle을 형성해 친수화됨으로써 기존의 soap을 이용한 부유부상법에 의해서 잘 제거되지 않는 경향을 나타낸다.^{1,2)} 따라서 해리시

용착된 토너 입자를 탈묵에 적합한 크기로 분리시키는 것이 부유부상공정의 효율화를 위해 요청된다.

또 기존의 알칼리 조건에서 soap을 이용하는 부유부상법은 토너의 제거 효율이 낮으며, 섬유 손실이 많고, 일정한 경도를 유지해야 하며, 초지공정에서 침적물을 형성하는 등의 많은 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근에 중성부근의 pH 조건에서 탈묵을 실시하는 연구가 관심을 모으고 있으며, 이는 알칼리 탈묵에 비해 약품 사용량 감소, 고폐쇄화에 따른 백수처리효율 향상, 방류수의 COD 감소, 이물질 제거 개선, pH 쇼크를 피할 수 있는 등 많은 장점을 지니고 있다.³⁾ 복사고지의 재활용을 위해 주로 지방산과 고급 알코올 계통의 비이온성 계면활성제를 사용하여 알칼리 조건에서 탈묵을 실시하고 있는 국내에서도 기존의 탈묵 방식이 지닌 문제점으로 인해 중성탈묵으로의 전환에 대한 관심이 고조되고 있다.

본 연구에서는 날로 증가하고 있는 복사고지의 효과적인 탈묵기술 확립을 모색하고자 해리온도에 따른 토너 입자의 크기 및 제거 효율의 변화를 조사하였으며, 이와 아울러 비이온 계면활성제의 종류에 따른 중성 탈묵효율 및 탈묵펄프의 성질 변화를 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

2.1.1 공시재료의 제조

공시재료의 제조를 위해 복사용지에 건식토너(toner)를 이용하여 편면 복사하였다. 복사면의 복사면적은 25%가 되도록 하였다. 사용된 복사용지는 전분을 표면 사이징한 것으로 회분함량은 10.9%, 백색

Table 1. Chemical properties of nonionic surfactants

Hydrophobic group		Notation	HLB	Cloud point (°C)
Fatty Acid	Stearic Acid	F-S	11.6	<25
	Oleic Acid	F-O	11.7	<25
High-Alcohol	Stearyl Alcohol	H-S	13.9	90<
	Oleyl Alcohol	H-O	13.3	77
Fatty Amine	Stearyl Amine	A-S	14.2	90<
	Tallow Amine	A-O	14.5	90<

도는 88.6%, 전분함량은 3%였다.

2.1.2 탈목약품

비이온성 계면활성제로 소수기가 다른 한농화성 제품을 사용하였다. 사용된 계면활성제의 특성은 Table 1과 같았다. HLB는 (친수기 중량%) $\times 0.2^4$ 로 계산하였다.

2.2 실험방법

편면 복사된 복사용지를 균일하게 해리되도록 3 cm \times 3 cm로 절단하였다. 중성해리시에는 해리농도 5%, 온도를 30, 50, 70 $^{\circ}$ C로 조절하였으며, 해리기에 비이온 계면활성제를 지료의 전건무게비로 0.05, 0.10, 0.20% 첨가하여 30분 간 해리하였다.

해리가 끝난 시료의 농도를 3%로 조절하고 항온 수조를 이용하여 50 $^{\circ}$ C에서 30분 간 교반하며 유지시킨 다음, 50 $^{\circ}$ C의 온수를 이용하여 농도가 1.0% 되도록 다시 희석한 뒤 flotation cell 내에 투입하고 10분 간 부상탈목을 실시하였다. 알칼리 탈목시에는 염화칼슘을 이용하여 물의 경도를 200 ppm으로 조절하였다.

부상탈목이 끝난 후 수율을 측정하였으며 TAPPI 표준시험법에 의거하여 여수도와 백색도를 측정하였다. 또 TAPPI 표준시험법에 의거하여 평량 80 g/m²으로 수초하고 PAPRICAN Micro Scanner를 이용하여 dirt를 측정하였다. Dirt 제거 효율은 다음 식 (1)에 의하여 계산하였다.

$$\text{Dirt removal efficiency (\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \quad (1)$$

여기서, A = Numbers of dirt after pulping (ppm)

B = Numbers of dirt after flotation (ppm)

회분제거율과 물성 평가 역시 TAPPI 표준시험법에 의거하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 해리온도에 따른 토너의 입도 변화

해리온도에 따른 토너 입자의 크기 변화를 파악하기 위하여 약품을 첨가하지 않고 복사고지만을 이용

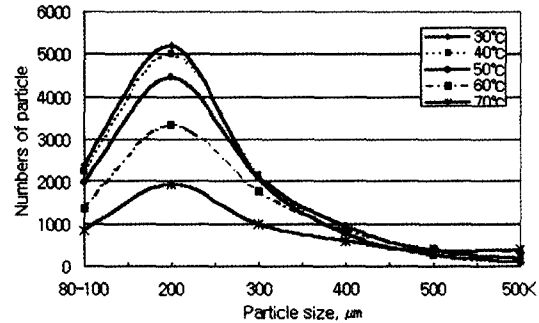


Fig. 1. Effect of temperatures on toner particle size distributions.

하여 농도 5%인 조건에서 해리기를 이용하여 온도 30, 40, 50, 60 및 70 $^{\circ}$ C에서 30분 간 해리한 다음, 수초지한 후 종이에 잔류하고 있는 토너의 입도 분포를 조사하였다(Fig. 1). 이 실험에서는 토너를 분리, 제거하지 않았기 때문에 섬유로부터 박리된 토너와 박리되지 않은 토너 입자가 함께 측정되기는 하였으나 전체적으로 볼 때 해리온도가 증가할수록 미세한 입자의 수는 크게 감소하였으나 조대한 토너 입자의 수는 증가하였다.

Fig. 1으로부터 해리온도에 따른 토너의 평균 입경을 식 (2)를 이용하여 구하고 이를 Table 2에 나타내었다.

$$\text{Average particle size (mm}^2\text{)} = \frac{\sum(A \times B)}{C} \quad (2)$$

여기서, A = Size of particle (mm²)

B = Numbers of particle

C = Total numbers of particle

Table 2에서 보는 것과 같이 온도가 증가함에 따라 토너의 평균 입경은 증가하였다. 특히 토너의 유리전이온도보다 높은 60 $^{\circ}$ C와 70 $^{\circ}$ C 부근에서 평균 입경이 급격히 증가하였다. 이는 해리온도가 토너의 유리전이온도 이상인 경우에는 해리기의 전단력에 의해 토너의 주성분인 합성고분자 물질들이 유연해져 작게 분산되지 않고 조대한 파티클을 형성하므로 미세한 토너 입자는 감소하며 조대한 토너 입자는 증가하기 때문이다. 이와는 달리 해리온도가 토너의 유리전이온도 이하인 경우에는 토너 입자가 더욱 단단해지므로 해리시 발생하는 섬유간 충격과 마찰로 미세한 입자가 증가하고 조대한 입자는 감소한다.^{5,6)}

Table 2. Effect of the pulping temperature on average toner particle size

Temperature (°C)	Average particle size (mm ²)
30	0.033
40	0.034
50	0.039
60	0.053
70	0.079

3.2 비이온 계면활성제의 소수기에 따른 영향

3.2.1 토너의 입도 변화

(가) 해리 후

소수기 부분이 지방산, 고급 알코올 및 지방산 아민으로 구성된 비이온성 계면활성제를 첨가한 경우 해리온도에 따른 토너의 입도 분포를 측정하고 Fig. 2에 나타내었다. 이 실험에서는 계면활성제 첨가량을 섬유

전건무게당 0.1%로 일정하게 유지하였다. 그 결과 Fig. 2에서 보는 것과 같이 계면활성제간에는 뚜렷한 차이가 없었으며, Fig. 1과 비교했을 때 계면활성제의 첨가 유무에 따라 토너의 입도 분포에도 큰 차이가 없었다. 그러나 해리온도간 토너의 입도 분포를 비교하였을 때 Fig. 1에서와 같이 30°C와 50°C로 해리한 경우, 크기가 100~200 μm인 토너의 수는 차이가 크지 않았으나 30°C에서 보다 많이 생성되었으며, 70°C의 경우는 크게 감소하였다. 반면에 70°C에서 해리했을 때는 상대적으로 400 μm 이상의 토너가 많이 생성되었으며 30°C와 50°C에서는 400 μm 이상의 조대한 토너 입자가 적게 생성되었다. 비이온 계면활성제의 소수기 부분과 이중결합의 유무에 따른 토너의 입도 분포는 계면활성제간에 큰 영향이 없었다. 이러한 결과는 펄핑온도가 토너의 크기에 영향을 미치는 중요한 인자임을 보여 준다.⁷⁾

(나) 부유부상 후

부유부상 후 토너의 입도 분포 측정결과 Fig. 3에서 보는 것과 같이 큰 차이를 보이지 않았으나 해리온도가 30°C로 낮은 경우 지방산보다 고급 알코올과 지방

Table 3. Effect of surfactant addition on toner particle size distributions

(Unit: Numbers of particle)

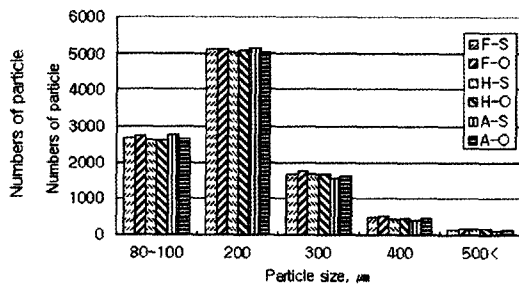
Particle size (μm)	Surfactant (%)	F-S	F-O	H-S	H-O	A-S	A-O
80-100	0.05	2,539	2,386	2,485	2,567	2,399	2,369
	0.10	2,340	2,438	2,442	2,449	2,288	2,452
	0.20	2,394	2,451	2,318	2,370	2,454	2,403
200	0.05	5,077	4,884	4,981	5,209	5,014	5,262
	0.10	4,756	4,964	4,763	4,694	4,802	4,731
	0.20	4,959	4,978	4,770	4,375	4,910	4,879
300	0.05	1,647	1,827	1,929	1,848	1,945	1,960
	0.10	1,790	1,793	1,695	1,553	1,602	1,603
	0.20	1,739	1,617	1,692	1,316	1,606	1,715
400	0.05	546	567	595	536	607	589
	0.10	553	579	469	403	490	436
	0.20	519	491	436	326	444	482
500	0.05	151	142	149	127	150	144
	0.10	121	155	101	104	110	80
	0.20	131	96	103	60	105	96
500<	0.05	26	45	37	29	33	45
	0.10	32	33	24	18	23	18
	0.20	20	17	28	8	22	24

산 아민의 소수기를 가진 계면활성제를 첨가할 때 잔류 토너의 수가 작았다(Fig. 3).

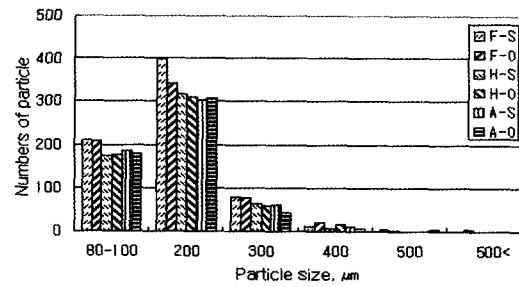
부유부상 후 토너 수의 변화는 각 온도조건에서 해리 후 생성된 토너 입자 중에서 크기가 80~200 μ m 사이인 토너가 가장 크게 감소하였다. 반면에 400 μ m 이상의 조대한 토너 입자는 부유부상 후에도 많은 양이 잔존하였다. 이는 부유부상법은 토너 입자가 조대해질수록 제거가 곤란하기 때문이다. 따라서 해

리온도가 증가함에 따라 조대한 토너 입자가 생성되므로 부유부상법으로 제거가 어려워진다고 할 수 있다. 이와는 달리 저온 해리시 토너 입자는 단단한 상태에 있기 때문에 섬유간 마찰에 의해 미세한 파티클을 형성한다. 하지만 섬유로부터 잘 분리되지 않은 부분이 해리 후에도 섬유 표면에 잔류하는 경향을 보였다.

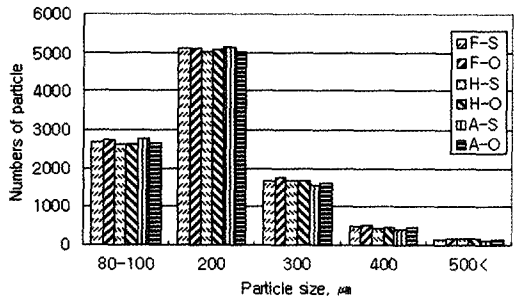
지방산계, 고급 알코올 그리고 지방산 아민계의



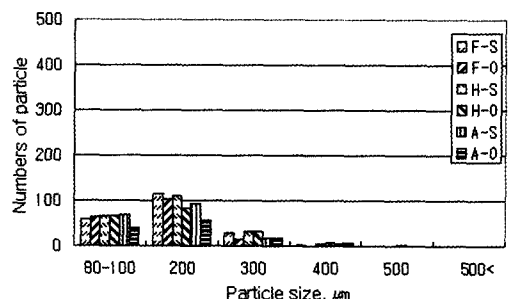
(a) 30°C



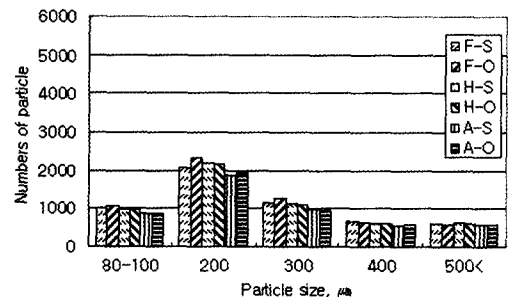
(a) 30°C



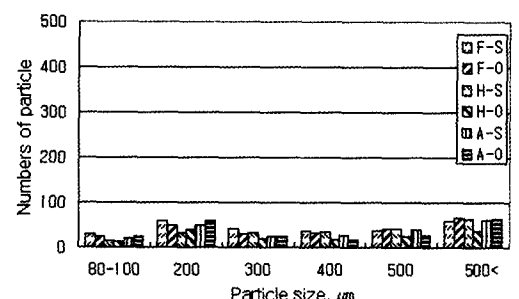
(b) 50°C



(b) 50°C



(c) 70°C



(c) 70°C

Fig. 2. Effects of the hydrophobic group of non-ionic surfactants and temperatures on toner particle size distribution after pulping (surfactant 0.10%).

Fig. 3. Effect of the hydrophobic group of non-ionic surfactants and temperatures on toner particle size distribution after flotation (surfactant 0.10%).

계면활성제 모두 소수기 내에 이중결합이 있을 때가 이중결합이 없을 때보다 잔류 토너 수를 더욱 감소시킬 수 있었다. 즉 소수기 내에 이중결합이 존재하는 계면활성제의 토너 부유부상이 효율이 높았다.

(다) 계면활성제 첨가량의 영향

비이온 계면활성제의 첨가량을 0.05, 0.10 그리고 0.20%로 하여 50℃에서 해리하였을 때 토너의 입도 분포는 Table 3과 같았다.

각 해리온도 조건에서 계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 생성된 토너 수의 차이는 크지 않았지만 전체적으로 약간 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 분산제 역할을 하는 비이온 계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 토너의 크기가 보다 작게 형성되어 초지시 탈수와 함께 제거되어 토너의 수가 감소한 것으로 나타났기 때문이라고 판단되었다. 소수기 종류와 소수기 내 이중결합의 유무에 따라서는 토너의 입도 분포가 큰 차이를 나타내지 않았다. 하지만 계면활성제 종류와 첨가량이 토너 제거 효율에 미치는 영향은 Table 4와 같이 크게 나타났다.

Table 4에서 보는 것과 같이 비이온성 계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 토너 제거 효율이 증가하였다. 30℃의 온도조건에서 비이온성 계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 토너 제거 효율은 첨가량이 0.05%에서 0.1%로 증가할 경우 크게 높아졌으나 0.1%에서 0.2%로 증가시킨 경우에는 토너 제거 효율의 증가율이 감소하거나 거의 증가되지 않는 경향을 나타내었다. 50과 70℃에서는 0.10%로 증가시 토너 제거 효율은 약간 증가하나 0.20%로 증가시 오히려 감소하는 경향을 나타내었다.

3.2.2 백색도 변화

(가) 해리온도에 따른 변화

폴리에틸렌글리콜형 비이온성 계면활성제는 일반적으로 일정 온도 이상에서 급격히 물에 용해되지 않는 특이한 성질을 가지고 있다. 이 온도를 담점(cloud point)이라고 한다. 즉 담점 이하의 온도에서는 물에 용해되고 담점 이상에서는 물에 용해되지 않음을 의미한다. 그러므로 각 계면활성제가 가지는 고유의 담점 이상의 온도에서는 기포력 등 계면활성제의 성능이 저하된다.

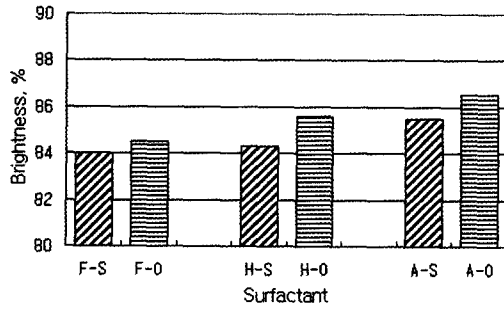
비이온성 계면활성제의 첨가량이 0.05%일 때 해리온도에 따른 백색도의 변화를 Fig. 4에 나타냈다. 여기에서 보는 것과 같이 30℃의 조건에서 지방산 아민계, 고급 알코올계, 지방산계 순으로 백색도가 높았다. 이는 계면활성제의 기포성과 유사한 경향이였다. 즉 지방산계는 부유부상처리시 온도인 50℃보다 담점이 낮아서 계면활성제의 성능이 저하되었고 따라서 기포력 감소함에 따라 토너 제거 효율이 감소하여 백색도가 낮게 나타났다고 판단된다. 반면에 지방산 아민계의 경우는 담점이 높고 기포력이 우수하여 0.05%의 소량 첨가시에도 가장 높은 백색도를 나타낸 것으로 생각되었다.

또 소수기 내에 이중결합이 존재하는 F-O, H-O, A-O가 이중결합이 존재하지 않는 F-S, H-S, A-S보다 탈묵 후 백색도가 높게 나타났다. 이는 탄소결합 내에 단일결합만을 지니는 지방산 비누는 잉크와 섬유 사이에 분리효과가 우수하고 이중결합이 하나 이상 존재하는 경우 잉크 제거 효율에 보다 효과적이라고 보고⁹⁾된 바와 같은 경향이 비이온성 계면활성제에서도 적용될 수 있음을 보여 주고 있다.

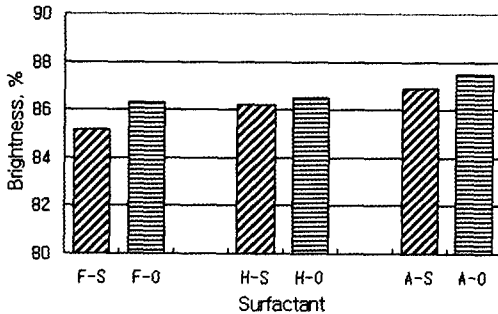
Table 4. Toner particle removal efficiency after flotation

(Unit: %)

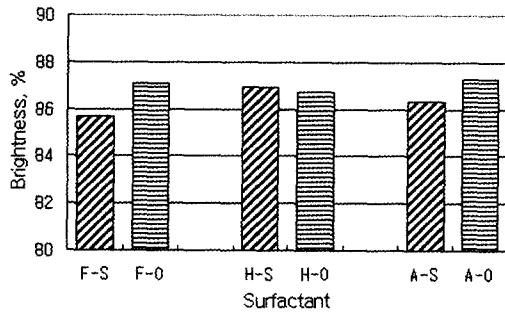
Temperature (°C)	Surfactant (%)	F-S	F-O	H-S	H-O	A-S	A-O
30	0.05	88.2	90.0	91.1	91.1	91.1	93.7
	0.10	94.6	94.6	95.7	95.7	95.4	96.1
	0.20	96.3	95.5	97.3	95.6	94.3	95.2
50	0.05	94.6	95.0	96.2	97.2	97.5	97.4
	0.10	97.2	97.6	98.2	97.7	98.1	98.9
	0.20	97.6	97.7	97.8	97.2	98.9	98.7
70	0.05	75.5	74.5	75.6	77.1	80.4	83.5
	0.10	89.5	88.1	88.8	89.2	88.6	89.8
	0.20	91.3	89.8	89.1	89.5	89.6	91.0



(a) 30°C



(b) 50°C



(c) 70°C

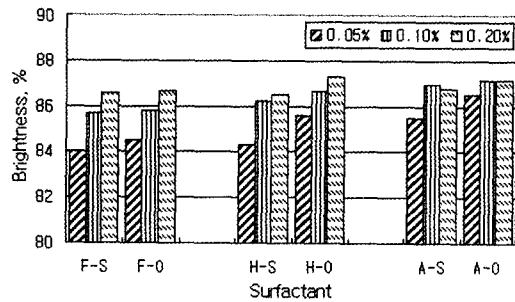
Fig. 4. Effects of hydrophobic groups and temperature on brightness.

같은 양의 토너가 존재할 경우 토너의 입경에 따른 백색도는 미세한 크기로 분포되는 것이 조대한 크기로 존재하는 것보다 낮게 나타나므로 백색도만으로 토너 제거 효율을 평가할 수 없다고 알려져 있다.⁷⁾ 하지만 본 연구에서는 해리온도가 증가함에 따라 탈묵 후의 백색도가 증가하였다. 70°C에서 해리시에는 고온에 의해 조대한 토너가 형성된 반면에 200 μm 이하의 미세한 토너의 생성은 감소된다. 이와 달리 30°C에서 해리시에는 보다 단단해진 토너가 섬유간 마찰에 의해

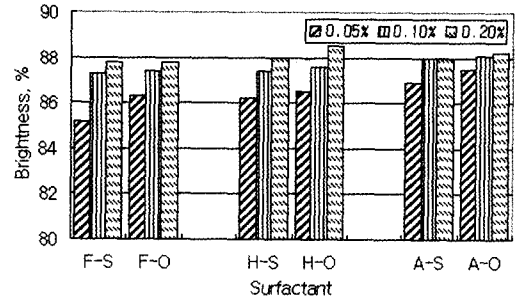
200 μm 이하의 작은 입자 생성이 크게 증가하지만 일부 미세한 입자는 섬유에서 분리되지 않고 섬유에 잔류하여 부유부상처리 후에도 제거되지 않으므로 시료 전체에 균일하게 분포하여 백색도가 감소한 것으로 판단된다.

(나) 첨가량에 의한 변화

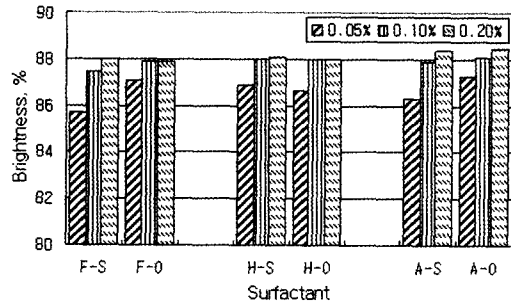
각 온도조건에서 비이온성 계면활성제의 첨가량을 0.05, 0.10 및 0.20%로 증가시켰을 때 백색도 변화를 Fig. 5에 나타내었다.



(a) 30°C



(b) 50°C



(c) 70°C

Fig. 5. Effects of surfactant addition level and temperature on brightness.

30℃에서 계면활성제의 첨가량을 0.05%에서 0.10%로 증가시켰을 때 지방산계인 F-S와 F-O는 각각 1.7%와 1.3%, 고급 알코올계인 H-S와 H-O는 각각 1.9%와 1.1%, 지방산 아민계인 A-S와 A-O는 1.5%와 0.7% 백색도를 증가시켰다. 또한 첨가량을 0.10%에서 0.20%로 증가시켰을 때 지방산계인 F-S와 F-O는 0.9%, 고급 알코올계인 H-S와 H-O는 각각 0.3%와 0.6%로 백색도가 증가하였고 지방산 아민계인 A-S와 A-O는 백색도가 증가하지 않았다. 50℃에서도 30℃에서와 유사한 경향이 나타나고 있으나 지방산 아민계에서는 0.1%에서 0.2%로 계면활성제의 첨가량이 증가하여도 백색도는 증가하지 않았다. 70℃에서는 0.05%에서 0.1%로 첨가량이 증가했을 때 지방산계인 F-S와 F-O는 1.8%와 0.8%, 고급 알코올계인 H-S와 H-O는 각각 1.1%와 1.3%, 지방산 아민계인 A-S와 A-O는 1.6%와 0.87%로 증가하였으나 0.1%에서 0.2%로 첨가량을 증가시켰을 때 백색도의 증가는 크게 없었고, 단지 지방산 아민계에서만 0.4%와 0.5%의 백색도가 증가하였다.

일반적으로 복사용지를 탈묵할 경우 100 μm 이상의 토너 입자는 섬유를 보유하는 hairy 파티클을 상당량 생성하고, 250 μm 이상의 토너 입자에서는 대부분 hairy 파티클을 형성하기 때문에 토너의 크기가 증가함에 따라 부유부상공정에서 제거효율이 낮아진다.⁹⁾ 이를 다시 말하면 섬유와 결합되지 않아 소수성이 큰 80~200 μm의 토너 입자 생성이 많은 30℃와 50℃에서 해리시에는 비이온성 계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 두껍고 안정된 거품층을 형성하므로 생성된 토너 입자가 리젝트로 제거되는 양이 증가하므로 결과적으로 계면활성제 첨가량이 증가함에 따라 백색도가 증가된다고 판단된다. 하지만 계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 백색도는 지속적으로 증가하지 않았는데 이는 대부분의 토너가 제거된 경우에는 더 이상의 탈묵효율이 나타나지 않음을 보여 준다. 각 계면활성제를 이용하여 70℃에서 해리했을 때에는 이와 달리 250 μm 이상의 토너가 전체 토너 수에 대하여 약 45~55% 생성되었다. 이러한 토너는 대부분 표면에 섬유를 보유하게 되어 소수성이 감소하고 친수성이 증가되므로 토너가 기포에 흡착하는 능력이 저하되어 계면활성제의 첨가량이 증가하여도 백색도가 증가하지 않는 원인이 되는 것으로 판단된다.

3.2.3 수율 변화

해리온도와 계면활성제의 첨가량에 따른 탈묵수율

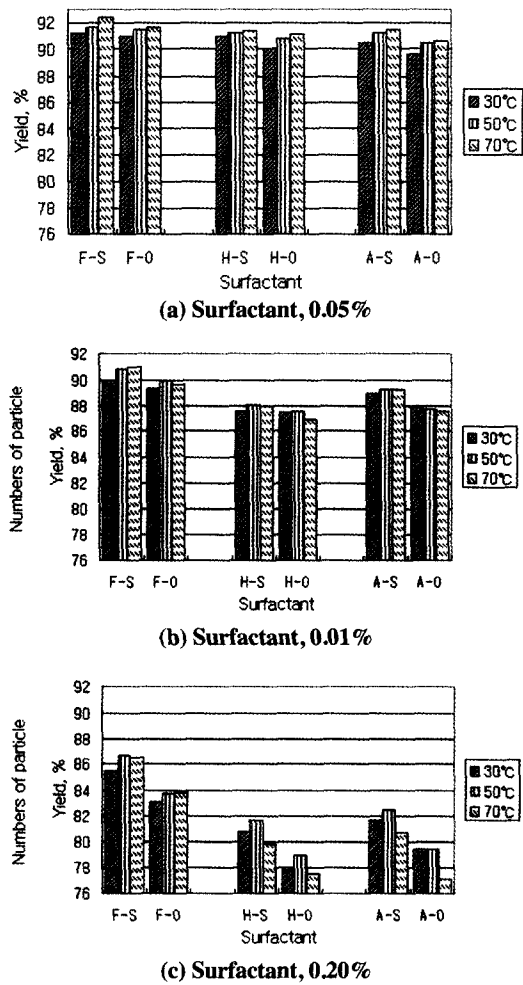


Fig. 6. Effects of surfactant addition level and double bonds present in surfactant on the yield.

의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 비이온성 계면활성제의 첨가량이 0.05%일 때 해리온도가 30℃, 50℃ 및 70℃로 증가함에 따라 F-S 수율이 각각 91.3, 91.7과 92.5로 증가하였다. 이러한 경향은 모든 계면활성제에서 나타났다. 계면활성제 첨가량이 0.10%인 경우에도 해리온도가 30℃에서 50℃로 증가하였을 때 수율이 증가하였으나 50℃에서 70℃로 증가함에 따라 수율은 F-S만 0.1% 증가하였을 뿐 다른 모든 계면활성제의 경우 수율의 차이가 거의 나타나지 않았다. 그리고 0.2% 첨가시에도 해리온도가 50℃로 높아짐에 따라 수율은 증가하였으나 70℃로 증가시

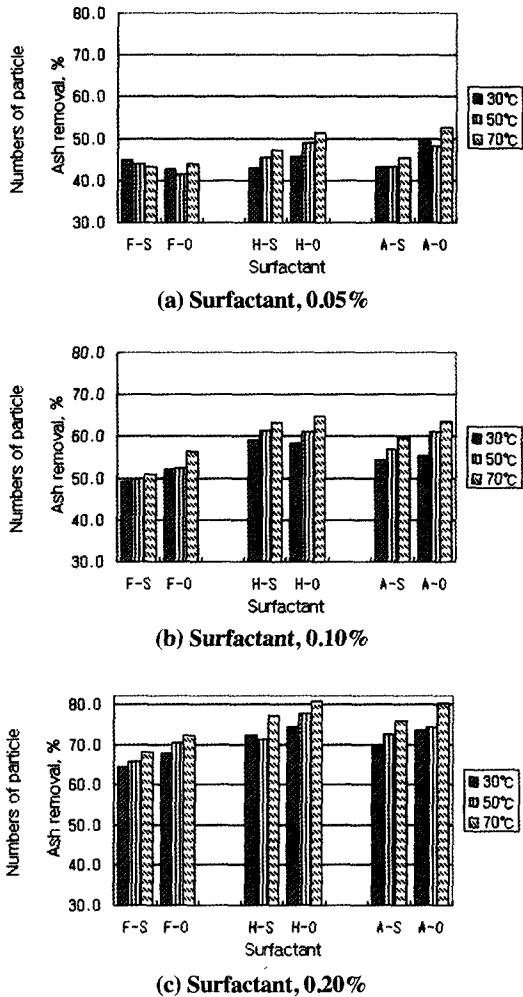


Fig. 7. Effects of temperature and amounts of surfactant addition on the ash removal.

F-O만 0.1% 증가하였고 F-S, H-S, H-O, A-S, 및 A-O에서는 각각 0.8, 1.9, 1.5, 1.8과 2.3%씩 감소하였다.

소수기 종류와 이중결합의 유무에 따른 수율은 지방산계, 지방산 아민계, 고급 알코올계 순으로 높게 나타났다. 이는 지방산계 계면활성제의 경우 담점이 부유부상처리 온도보다 낮아 계면활성제로서 성능이 온도가 증가함에 따라 저하되어 기포력이 약해지며, 기포량이 감소하는 경우 형성된 얇은 기포층도 쉽게 파포됨으로써 리젝트양이 감소하였기 때문에 상대적으로 수율은 높게 나타낸 때문으로 판단되었다. 소수기 내

에 이중결합의 유무에 따른 수율의 변화에서도 토너 제거 효율에서와 마찬가지로 소수기 내에 이중결합을 포함하는 F-O, H-O 및 A-O가 단일결합만을 포함하는 F-S, H-S 및 A-S 보다 수율이 낮았다. 이는 이중결합을 포함하는 소수기가 단일결합만을 포함하는 소수기보다 부유부상효율이 높기 때문에 결과적으로 수율이 감소한다고 말 할 수 있다.

3.2.4 회분 제거에 미치는 영향

회분 제거 효율을 해리온도, 계면활성제의 소수기 종류, 그리고 첨가량에 따라 측정하고 이를 Fig. 7에 나타내었다. 계면활성제를 0.05% 첨가했을 때 해리온도가 30°C에서 70°C로 증가함에 따라 회분 제거율은 지방산계인 F-S 경우 큰 차이를 나타내지 않았으나 고급 알코올계인 H-S, H-O와 지방산 아민계인 A-S, A-O는 증가하는 경향을 보였다. 계면활성제의 첨가량이 0.1%인 경우에는 모든 계면활성제에서 온도가 증가함에 따라 회분 제거율이 약간 증가하는 경향을 나타냈다.

해리온도가 증가함에 따라 수율은 약간 증가하나 오히려 회분 제거율이 높아지는 것은 고온에서 계면활성제에 의해 생성되는 기포에 흡착되기에 적당한 크기의 소수화된 토너의 생성이 적은 해리시보다 적어지게 되므로, 결과적으로 회분이 기포에 흡착할 기회가 증가하게 되기 때문이다. 소수기 종류와 이중결합의 유무에 따른 회분 제거율은 고급 알코올, 지방산 아민, 지방산계 순으로 높게 나타났으며, 소수기 내에 이중결합이 존재하는 F-O, H-O 및 A-O가 단일결합만을 가지고 있는 F-S, H-S 및 A-S보다 높게 나타났다. 이는 전술한 바와 같이 소수기 내에 이중결합을 가지고 있는 계면활성제가 부유부상능력이 보다 우수하여 회분 제거효과에서도 보다 우수한 경향을 나타내고 있기 때문이다.

4. 결론

최근 들어 발생량이 급격히 증가하고 있는 복사고지의 효율적인 재활용 방안을 모색하고자 해리온도와 비이온성 계면활성제의 종류에 따른 토너 입자의 크기 변화와 탈묵효율을 평가하였다. 탈묵효율은 토너 제거 효율, 백색도, 수율 그리고 회분 제거율로 평가하였다. 그 결과는 다음과 같다.

복사고지를 저온에서 해리할 경우에는 토너 입자가

미세하게 형성되거나 섬유로부터 분리되지 않고 섬유에 잔류하는 양이 많아 백색도가 낮게 나타났으며, 토너의 유리전이점 이상인 고온에서 해리할 경우에는 토너를 이루는 합성고분자 물질의 유연성이 증가하여 조대한 판상의 토너/섬유 응집체를 형성함으로써 제거효율이 낮게 나타났다. 해리온도를 50℃로 조절하였을 때 토너 제거율 및 백색도가 가장 높게 나타났다.

비이온 계면활성제의 소수기 종류에 따라 해리 후 토너의 크기 변화는 나타나지 않았으나 부유부상처리 후에는 이중결합을 지닌 소수기를 포함한 계면활성제가 토너 제거율, 백색도, 회분 제거율이 모두 높게 나타났으며, 수율은 낮았다. 또한 부유부상공정의 온도보다 담점이 높은 비이온 계면활성제는 두껍고 안정한 기포층을 형성하여 탈묵효율이 우수한 것으로 나타났다. 계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 백색도는 증가한 후 일정하게 유지되는 경향을 보였다. 그러나 수율은 계면활성제의 첨가량이 증가함에 따라 지속적으로 감소하였다.

인 용 문 헌

1. Vidotty, R. M., Johnson, D. A., and Thomson, E. V., Influence of toner detachment during mixed office wastepaper repulping on flotation efficiency, Part I : particle fractionation, *Pulp & Paper Canada*, 98(4):55-59 (1997).
2. 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).
3. Anderson, J., High efficiency for Clean Deinking, *Progress in Paper Recycling*, pp. 90-95 (1995).
4. Turvey R. W., Chemical use in recycling, *Technology of Paper Recycling*, Edited by Mckinney, R. W. J. Blackie Academic and Professional, pp. 130-144 (1995).
5. Darlington W. B., Process for deinking electrostatically-printed secondary fiber, *Tappi J.*, 72(1):35-38 (1989).
6. Shawn R. B., Donna, A. J., and Thomson, E. V., Toner detachment during repulping of laser-printed office copy paper, *Tappi J.*, 80(4): 171-179 (1997).
7. Mckinney, R. W. J., Evaluation of deinking performance, *Tappi J.*, 71(1): 129-131 (1988).
8. Marchildon, L., Bonnelly, B. and Lapointe, M., The effect of double bonds present in the surfactant on the deinking efficiency of xerographic paper, *J. Pulp & Paper Sci.*, 19(4): 156-160 (1993).
9. Johnson, D. A and Thompson, 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).

• 접수 2001년 2월 18일
 채택 2001년 6월 11일
 • Received on February 18, 2001
 Accepted on June 11, 2001