

廢紙의 解纖에 관한 研究*

윤태환 · 김형석 · 조동성

인하대학교 자원공학과

A basic study on the defiberation of waste newspaper

Tae Hwan Yoon, Hyung Suk Kim and Dong Sung Cho

Dept. of Mining and Mineral Eng., Inha Univ.

요 약

본 연구는 폐신문지로 부터 목재섬유를 분리하여 회수하는 해섬공정에서 교반의 정도, 폐지의 농도, 해섬용수에 용존하는 이온의 농도, 인쇄 면적, 침적시간, 해섬 수용액의 온도등이 해섬에 미치는 영향을 조사하였다.

고온(50°C) 수용액에서의 해섬은 상온(16°C)수용액에서의 해섬보다 약 2배의 효율을 보였다. 2000 r.p.m.이하의 저속 교반 해섬에서는 회전수가 2배 증가함에 따라 2배의 해섬효율을 보인다. 온도 16°C, 펄프농도 1%, 교반기의 회전수 1200에서 NaOH의 1×10^{-4} M은 1×10^{-5} M 보다 약 3배의 해섬효율의 향상을 나타낸다.

침적 온도는 침적시간보다 해섬에 더 큰 영향을 미친다. 단위 면적에서 인쇄면적이 넓어지면 해섬속도는 늦어진다, 알칼리성 수용액이 해섬에 효과적이고, 같은 농도에서의 해섬은 $\text{NaOH} > \text{KOH} > \text{Na}_2\text{SiO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Ca(OH)}_2$ 의 효율순서를 보인다.

ABSTRACT

This study was to investigate the effects of agitation speed, pulp concentration, ion concentration in the slurry solution, printed area of the waste newspaper, immersing time and the temperature on the defiberation process for the waste newspaper.

The defiberation efficiency at 50°C is twice that of 16°C. The efficiency is improved as two times according to elevate the agitation speed as two times in the range of 200~2000 r.p.m.. Defiberation with NaOH 1×10^{-2} M solution has higher efficiency than that of NaOH 1×10^{-5} M solution as 3 times at the conditions of 16°C, 1200 r.p.m. and 1% pulp concentration.

The temperature of immersing solution affects on the efficiency more than immersing time does. Increasing the printed area of newspaper decreases the velocity of defiberation. The alkaline solution is effective to defiberate and the defiberation efficiency at the same dosage of alkalinity is in the order of $\text{NaOH} > \text{KOH} > \text{Na}_2\text{SiO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Ca(OH)}_2$.

1. 서 론

물질문명의 발전과 생활 수준의 향상은 신문용지의 소비에 있어서도 일회용시대와 대량소비시대를 이룩하였다. 따라서 폐신문지의 재활용은 우리와 같은 자원빈국 뿐만 아니라 세계적으로 그 중요성이 크게 부각되어 있다.

최근에는 폐지의 탈묵과 정선등의 처리기술이 두드

러지게 개선되고 재생지의 제조에 대한 관심과 설비 투자가 증대 되고 있다. 우리나라의 폐지 재활용율은 1992년에 69%¹⁾로 세계적으로 대단히 높은 수준을 보일 뿐만아니라 이 비율은 앞으로도 더욱 높아질 것이 전망된다.

폐지란 최소한 한번 이상은 사용된 물질이므로, 일반적인 공업 원료들과 같이 종이제조에 필요한 섬유 이외의 여러가지 다른 물질들이 어느정도라도 포함될 수밖에 없다. 따라서 이 물질들을 효과적으로 제거하기 위한 분리공정이 필요하며, 분리된 폐지라 하더라도 인쇄물이므로, 섬유에는 잉크 그리고 충전제들이 결

*본 연구는 1993년도 인하대학교의 연구비 지원에 의하여 수행되었음

Table 1. Reagents used for this study

| Reagents | Grade | Maker |
|--|-------|-----------------|
| Sodium hydroxide (NaOH) | R.G | TEDIA(U.S.A) |
| Sodium silicate (Na_2SiO_3) | C.P | JUNSEI(JAPAN) |
| Sodium carbonate (Na_2CO_3) | E.P | YAKURI(JAPAN) |
| Calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) | C.P | JUNSEI(JAPAN) |
| Potassium hydroxide (KOH) | E.P | JUNSEI(JAPAN) |
| Sulfuric acid (H_2SO_4) | F.G | DOKUYAMA(JAPAN) |

(reagent grade는 R.G, chemical pure는 C.P, extra pure는 E.P, first grade는 F.G로 약칭함)

함되어 있어²⁾, 이들을 섬유와 분리시켜 재이용이 가능한 목재섬유로 회수하여야 한다. 그러기 위한 첫번째의 공정이며, 가장 중요한 공정은 해섬일 것이다.

그러나 인쇄시에는 잉크와 종이의 결합력을 강화시키기 위하여 수지나 레진과 같은 접착제와 잉크의 분산제가 사용되고 안료로는 탈색이 거의 불가능한 미분상의 탄소입자등이 주로 사용될 뿐만 아니라 일반적으로 압착시켰기 때문에, 잉크와 종이는 강하게 결합되어 있어 잉크가 전혀 묻어있지 않은 순수한 섬유를 회수하기는 거의 불가능하리라 생각된다.

잉크에 결합된 충전제 역시 종이의 재활용에 큰 걸림돌이 되는 인자이지만, 다행히도 신문은 서적의 경우와 같이 오랫동안 변색이 되지 않아야 한다는 조건이 절실하지 않으며, 경제성 때문에 충전제가 거의 첨가되지 않으므로 신문용지로 사용되는 목재섬유의 재이용은 다소 용이한 상태라고 할 수 있겠다.

그러므로 본 연구에서는 이미 재생지 제조 공장에서 시행되고 있는 해섬 공정이지만, 폐기된 신문의 목재섬유를 해섬할때의 가장 경제적인 조건을 찾는 데에 도움이 될 경향들을 조사하는데에 그 목적을 두었다.

2. 실험재료

2.1. 시료

폐신문지(인하대학교 신문)를 가로 약 2cm, 세로 약 2.5cm로 잘라서 사용하였다.

2.2. 시약

본 실험에 사용된 시약은 Table 1과 같으며, 재생용지의 제조공정에서 사용되고 있는 시약들로서 순도가 높은 시약들을 사용하였다.

3. 실험 방법

초지작업은 대체로 펄프농도가 약 0.30%³⁾의 수용액에서 행하여지므로 본 실험에서는 저농도의 수용액에서 기포가 거의 발생하지 않게 교반할 수 있도록 직경 6.0cm의 임펠러와 가로×세로×높이 각각 10.5cm×10.5cm×14.0cm 크기의 교반셀로 된 교반기를 제작하여 사용하였다.

본 실험에서 해섬의 정도는 물속에서 목재섬유가 완전히 풀려져 독립된 입자로 존재한다고 인식되는 경우를 완전 해섬으로 간주하였고, 교반의 시작부터 완전히 해섬 될때까지 소요된 시간을 해섬시간으로 하여 측정하였다.

용수는 주로 증류수를 사용하였으며 산, 알칼리 및 염을 소정 농도로 한 다음 침적시간, 교반의 정도, 폐지의 농도 및 수용액의 온도와 인쇄면적등이 해섬에 끼치는 영향을 해섬에 소요되는 시간으로 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

수용액의 온도 16℃, 펄프농도 1%, 임펠러의 회전수 1200r.p.m.의 조건에서, 폐신문지를 해섬시키는 수용액의 종류에 따른 해섬시간은 증류수의 경우에는 약 6시간 10분이 해섬에 소요되었고, 수돗물에서는 약 5시간 50분이 소요되었으며, 해섬수용액의 농도를 $1 \times 10^{-1} \text{M}$ 으로 고정하였을 경우, 황산 수용액에서는 약 3시간 20분, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 에는 약 2시간 20분, Na_2CO_3 는 약 2시간 10분, Na_2SiO_3 는 약 1시간 55분, KOH는 약 1시간 50분, NaOH은 약 1시간 30분의 시간이 소요되었다.

수돗물은 해섬되는 시간이 증류수에 비해 약 20분 짧아졌고, 황산용액은 약 3시간 그리고 NaOH는 약 4시간 40분이 짧아졌다.

수돗물과 증류수 그리고 다른 알칼리 용액이 해섬시간에 끼치는 영향의 차이는 용해되어 있는 전해질의 차이로 보이며 H^+ 보다는 OH^- 가 해섬속도를 빠르게 한다고 할 수 있겠다.

Lorren D.Ferguson은 탈잉크 공정에서 해섬용수의 pH를 알칼리로 하기 위하여 NaOH를 사용하였는데, 이는 NaOH가 섬유를 부풀리며 잉크의 접착제가 검화되고 수화 되어 해섬과 탈잉크에 효과적이기 때문으로⁴⁾ 설명하고 있다.

강 알칼리인 NaOH와 KOH의 해섬효과는 비슷하였으나 NaOH가 다소 효과적이라고 할 수 있으며, 또한 NaOH가 값이 저렴하여 경제적이기 때문에 재생 공장에서 많이 이용된다.

이들 알칼리를 첨가시키는 경우에 수온이 다소 상

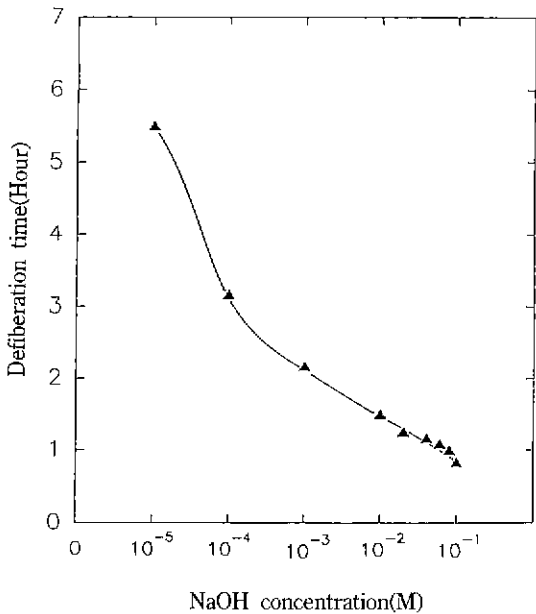
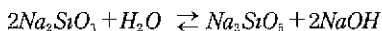


Fig. 1. Effect of NaOH concentration on the defiberation time at 16°C, 1200r.p.m. and 1% pulp concentration.

승됨을 느낄 수 있었는데, 이는 섬유의 검화(중화)와 수화작용등이 발열반응이기 때문으로 생각된다. 섬유는 성분과 조직에 따라 다르겠으나, 건조상태의 것에 비하여 함수됨에 따라 수화물이 되고 부풀려져 유연성이 커지므로 강제적인 해섬에서는 수화시키는 것이 섬유의 파손을 적게하는 좋은 조건이라고 할 수 있겠다.

폐지의 해섬에서 Na₂SiO₃를 사용하는 이유는 해섬시의 변색 또는 제지후 종이로 사용되는 동안에 변색의 원인이 되는 높은 알칼리도를 방지할 수 있고, 또한 잉크 입자들이 뭉쳐지거나 섬유에 재부착하는 것을 막는 효과⁵⁾가 있기 때문이라 생각된다. 즉, Na₂SiO₃는 물에 용해되어 아래와 같이 Na₂SiO₃와 NaOH로 되고⁶⁾ 이 반응식의 Na₂SiO₃는 분산작용을 하는 것으로, 섬유의 표면에서 건조되면 백색도를 향상시킬 수 있을 것으로도 생각된다. 그러나 섬유의 표면에 흡착된 규산염이 인쇄와 해섬등에 미치는 영향을 조사할 필요는 있을 것으로 생각된다.



종이의 섬유질인 목재섬유는 주로 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스(Hemicellulose)이며, 제지용 펄프로 되기전에 완전히 제거 되지 못한 리그닌(Lignin)도 제지 원료에 따라 큰 차이가 있지만 어느정도 포함되어 있

다⁷⁾고 한다. 그러므로 H₂SO₄와 HCl에 의해서 목재섬유의 분자결합이 분해 또는 파괴되어 해섬효과가 클 것으로 기대 되었으나, 실험결과는 낮은 해섬효과를 보였다.

또한, 크라프트 펄프의 해섬에서는 E.A(Effective Alkali)⁸⁾라는 복합 알칼리를 주로 사용 하는데 Kleppe에 의하면 펄프내의 팽윤된 리그닌은 OH⁻과 SH⁻에 의한 화학반응에 의해 보다 작은 분자량의 것으로 분해되고, 리그닌 분해 산물은 이어서 페놀레이트(phenolate)나 카복실레이트(carboxylate)이온의 상태로 용출되며, 탄수화물 중에서도 주로 헤미셀룰로오스와 일부의 셀룰로오스가 화학적인 작용을 받아 해섬된다⁹⁾고 한다.

그래서 E.A용액을 만들어 NaOH와 같은 농도로 실험하여 보았으나, 실험된 농도범위에서는 해섬에 NaOH와 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서 일정한 알칼리의 농도에서 해섬에 소요되는 시간을 단축시키는 효과는 NaOH > KOH > Na₂SiO₃ > Na₂CO₃ > Ca(OH)₂의 순서를 보인다고 할 수 있다.

Fig. 1은 펄프 농도 1%, 온도 16°C, 1200r.p.m.에서 수용액의 NaOH 농도 변화에 따른 해섬에 소요된 시간을 보인 그림이다. 그림에서 보면 NaOH의 농도 증가는 해섬시간을 크게 단축시킨다. 이때에 잉크는 섬유의 팽윤과 접착제의 검화로 인하여 섬유로부터 쉽게 분리되고, 따라서 탈잉크 현상도 나타나는 것으로 보인다.

그림에서 보면 해섬시간은 NaOH의 농도에 따라 해섬시간을 크게 단축시키지만 농도의 증가가 해섬시간의 단축에 비례하지 못하는 효과를 보인다고 할 수 있다.

따라서 탈잉크도 겸하는 목적으로하는 해섬공정에서의 NaOH 사용량이 보통 건조상태 펄프 중량의 3.0~5.0%나¹⁰⁾ 펄프 톤당 10~20kg¹¹⁾ 정도 이지만, 이는 너무 많은 양이 아닌가 생각된다. 왜냐하면 높은 알칼리도는 해섬에는 효과적이던데 비하여 초지되기전 또는 제지된 뒤에도 종이의 색을 갈색으로 변화시키는 원인이 되기¹²⁾때문이다. 갈색으로 변함을 막기 위하여 될 수 있는 한 저농도의 알칼리 수용액에서의 조작이 바람직하다.

Fig. 2는 증류수, 수도물 및 NaOH 수용액의 펄프농도에 따른 해섬 효과를 보인 그림으로, 차이는 크지 않으나 수도물이 증류수보다 더 좋은 해섬효과를 보이며, 알칼리의 농도와 펄프의 농도가 해섬 속도에 미치는 영향의 관계를 보면 이는 용존하는 각종 이온들의 화학적인 용해작용과 용해될 물질의 량 관계임을 알

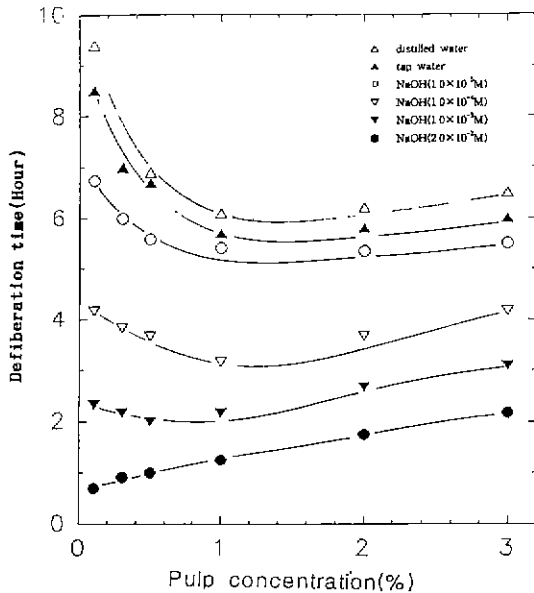


Fig. 2. Effect of pulp concentration on the defiberation time at various NaOH concentration at 16°C, 1200r.p.m..

수 있게 한다.

그러나 증류수나 수돗물 그리고 낮은 알칼리 용액에서 펄프농도가 낮을때(1%이하)에는 해섬에 소요되는 시간이 펄프농도가 증가함에 따라 상대적으로 짧아지며, 고농도에서는 점차 길어지는 현상은 임펠러와 펄프간의 마찰을 일으킬 충돌력의 영향으로 생각할 수 있겠다. 즉, 저 농도에서는 임펠러와 펄프 또는 펄프끼리의 충돌 빈도수가 작으나, 농도가 어느 정도 증가할수록 충돌빈도 또한 증가하게 되어 해섬시간이 단축되고, 고농도에서는 임펠러와의 충돌빈도는 증가하지만 단위 섬유당 충돌력이 감소하여 해섬시간이 오래 걸리는 것으로 생각된다. 그러므로 해섬에서 예를들면 1% 미만과 같은 저농도의 펄프 농도는 교반 효과를 감소시키지만 알칼리의 농도는 해섬해야 할 섬유의 농도에 따라서 결정하여야 함을 보인 결과라고 하겠다.

펄프 농도 및 해섬온도와 NaOH의 농도를 고정시키고 교반 실험을 한 결과는 Fig.3에 나타난 바와 같이 임펠러의 회전수가 증가함에 따라 교반 효과가 커져서 해섬시간이 단축됨을 보인다. 그러나 해섬에 소요된 시간은 1000r.p.m.과 1500r.p.m. 사이에서의 변화가 크며, 1500r.p.m. 이후에는 다소 완만함을 보인다. 그러므로 본 연구에서는 모든 실험을 1200r.p.m.로 하였다. 해섬

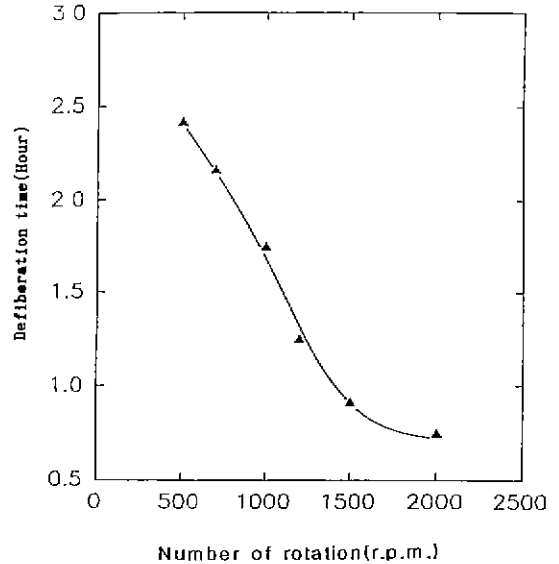


Fig. 3. Effect of r.p.m. on the defiberation time at 16°C, 1% pulp concentration with NaOH(2.0 × 10⁻²M).

시간이 임펠러 회전수의 증가에 따라 감소하는 것은 충돌 빈도수의 증가와 그로 인해 나타나는 섬유 입자간의 분리력이 증가하기 때문이라 생각된다. 그러나 그 효율이 고속에서는 와류나 임펠러와 물과의 마찰, 섬유의 절단, 물과 해섬셀 내벽간의 마찰 등으로 소비되기 때문에 유효 전달 또한 적어지므로 임펠러의 모양에 따라 시험교반에서 결정해야 할 사항으로 생각된다.

Fig. 4는 단위 면적에 인쇄된 면적의 크기가 해섬시간에 미치는 영향을 알아본 결과로, 인쇄의 안료는 고분자 화합물인 천연수지 또는 합성수지 등으로 섬유와 강하게 흡착되어 있으며, 이 수지는 섬유에 인쇄잉크가 정착되게 하는 효과 뿐만 아니라 섬유간의 정착에도 영향이 있을것이므로 단위면적에 인쇄된 면적이 넓으면 해섬 효율이 낮아질 것은 당연하다고 하겠다. 그리고 알칼리 수용액에서의 해섬에서 수지의 검화에 의한 용해는 안료 뿐 만 아니라 섬유간의 정착효과도 저하시킬 것이며, 건조상태에 있는 섬유의 수화에 의한 부풀림도 결과적으로는 잉크입자와 각 섬유입자들간의 상대적인 위치를 변경할 뿐만 아니라 인쇄잉크가 탈착되는 작용도 할 것이며, 탈착된 안료입자는 검화되었거나 검화되지 않더라도 극성이 약한 유기물질에 싸여 있으므로 극성이 강한 물분자와의 인력과 비중의 차이로 인하여 물위에 밀려나는 즉, 부유되는 힘을 받을 것은 당연하다. 그렇기 때문에 탈잉크의 현상이 일어

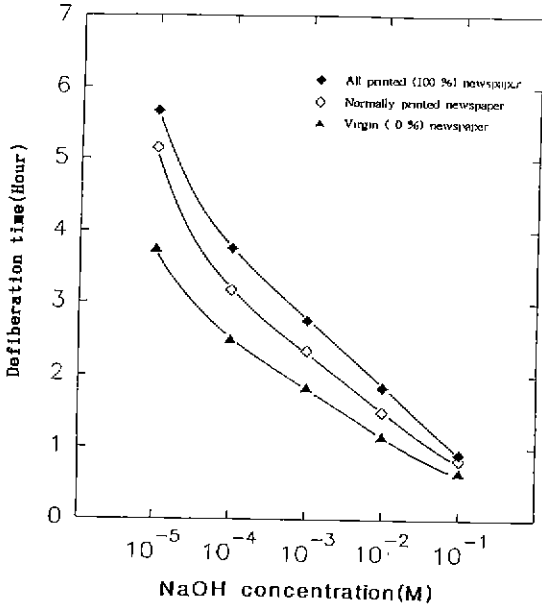


Fig. 4. Effect of printed area on the defiberation time as a function of NaOH concentration at 16°C, 1200r.p.m. and 1% pulp concentration.

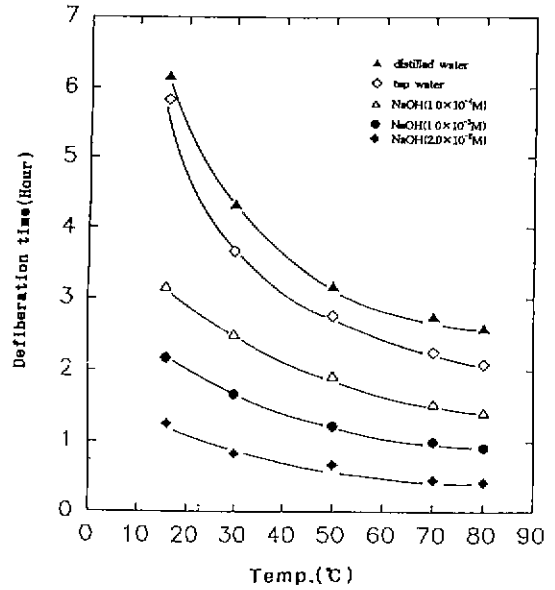


Fig. 5. Effect of temperature on the defiberation time at 1200r.p.m. and 1% pulp concentration.

나게 될 것이다. 그러나 검화된 안료는 이온이나 단분자 상태의 미립자이기 때문에 예멸존 상태로 물속에 존재할 것이므로 신속히 분리되지는 못하고, 어느 정도의 시간이 지나야 분리될 것은 명백한 사실이라 하겠다.

실제로 실험시에 장시간 해섬된 용액을 방지하면 안료의 집단이 분리되어 물위에 부유되어 있는 것을 발견할 수가 있다. 이 물위에 부유된 안료집단을 수용액에서 분리하면 결과적으로 탈잉크가 되겠으나, 오랫동안 정지하여야 되기 때문에 시간이 너무 걸리고 잉크의 량 또한 대단히 적으므로 처리공정으로 취급하기가 곤란하며 배출될 수 있는 인쇄된 종이에서 탈잉크된 정도를 나타낼때에 인쇄된 잉크의 양이나 제거된 양을 측정할 수가 없으므로 탈잉크의 정도는 표현할 수 없었다.

그러나 해섬시에는 탈잉크의 효과가 나타나며, 검화된 잉크의 입자는 소수성이 강한 것이므로 짧은 시간에 제거시키려 한다면 이온 부선을 적용함이 효과적일 것으로 생각된다.

그러나 탈착된 안료에 비하여 흡착상태를 유지하는 안료가 상대적으로 많을 가능성도 크기 때문에 재생신문지의 백색도 저하의 이유는 명백하다고 할 수 있다. 따라서 종이의 재생을 필수적으로 생각하고 수회의 재사용을 하고자 한다면 탈색(변색)이 불가능한 안료를

사용할 것이 아니라 용이한 안료를 사용하고 섬유간의 접착력을 강화하지 않음으로써, 해섬시에 섬유의 손상을 최대한으로 방지 할 수 있는 제지방법이 필요할 것으로 생각된다.

실험의 결과에서 인쇄된 부분의 수화에는 긴 시간과 많은 OH⁻기가 필요로 할 것이므로 인쇄된 부분은 인쇄되지 않은 부분보다 해섬이 늦어지고, 따라서 강알칼리성에서는 해섬속도가 빨라지며 인쇄면적 크기의 변화에 따른 해섬속도의 차이 또한 적어지는 것으로 생각된다.

가온은 일반적으로 반응 속도를 빠르게 하며, 해섬에 있어서도 온도는 중요한 변수가 된다¹⁰⁾ 고 한다. Fig. 5는 일정한 교반속도에서 수용액의 NaOH 농도와 온도가 해섬시간에 미치는 영향을 보인 결과이다. 결과를 보면 낮은 농도의 NaOH 수용액에서는 온도가 해섬시간에 더 큰 영향을 미치지, 짧은 시간내에 높은 해섬효율을 위해서는 높은 NaOH의 농도가 효과적임을 알 수 있다.

Fig. 6은 증류수에 침적시킨 시간이 해섬에 미치는 영향을 보인 그림이다. 증류수에 소정의 시간동안 침적시킨 다음 그 수용액의 NaOH농도를 조절하고 교반하여 해섬된 결과를 보면, 거의 모든 수용액에서 침적시키지 않은 경우보다 해섬시간이 약 1시간 정도 밖에 짧아지지 않았다. 뿐만 아니라 증류수에 침적후 NaOH 2×10⁻²M 용액에서 해섬한 경우는 처음부터 NaOH

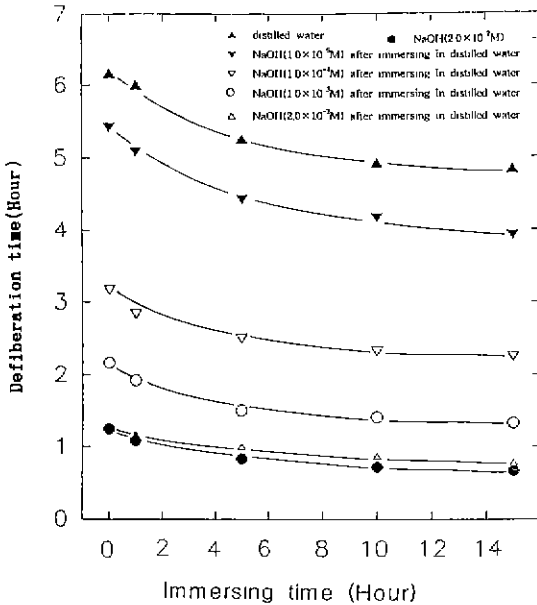


Fig. 6. Effect of immersing time on the defiberation time at 16°C, 1200r.p.m. and 1% pulp concentration.

$2 \times 10^{-2}M$ 에 침적시키고 교반한 경우와 거의 비슷한 해섬효율을 보였다.

침적은 흡수되는 시간을 충분히 주어 흡수된 정도가 해섬에 미치는 영향을 알아 보고자 한 것이지만, 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 침적시간 보다는 알칼리도에 더 큰 영향을 받는다고 할 수 있겠다.

Fig.7은 신문지를 소정의 온도와 농도에서 5시간 침적시킨 다음 교반해섬한 결과를 보인 그림이다. 이 결과는 침적의 효과보다도 온도와 알칼리도에 의한 영향이 대단히 큼을 알 수 있게 한다.

5. 결 론

본 연구에서는 폐 신문지 재활용의 기본이 되는 해섬공정에서 해섬 효율에 영향을 주는 교반의 정도, 폐지의 농도, 이온의 농도, 인쇄면적, 온도, 침적시간등의 영향을 조사하였으며 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 알칼리성 수용액이 해섬에 효과적이며, 같은 농도에서는 $NaOH > KOH > Na_2SiO_3 > Na_2CO_3 > Ca(OH)_2$ 의 순서로 해섬효과가 크다.

2. 해섬 수용액의 온도 16°C, 펄프농도 1%, 교반기의 회전수 1200r.p.m.에서 $NaOH 1 \times 10^{-4}M$ 의 해섬은 $NaOH 1 \times 10^{-5}M$ 에서의 경우보다 약 3배로 해섬시간을 단축

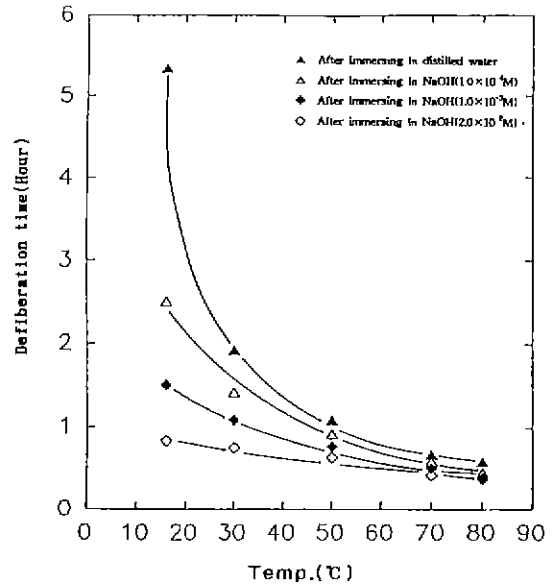


Fig. 7. Effect of temperature on the defiberation time after 5 hours immersing with various NaOH concentration at 1200r.p.m. and 1% pulp concentration.

시킨다.

3. 해섬온도 16°C, 펄프농도 1%, 회전수 2000r.p.m.이하의 저속 교반에서, 2배의 회전수는 2배의 해섬 효율을 보인다. 그러나 해섬 수용액의 온도 16°C, 펄프농도 1% 이하에서의 교반은 비효율적이다.

4. 단위면적에서 잉크로 도포된 면적이 넓어지면 해섬속도가 늦어진다.

5. 증류수를 해섬용수로 사용하고, 펄프농도 1%, 교반기 회전수 1200r.p.m.에서, 50°C에서의 해섬은 16°C에 비하여 약 2배의 해섬효율의 향상을 보인다.

6. 증류수를 해섬용액으로 사용하고, 펄프농도 1%, 회전수 1200r.p.m.에서, 5 시간 침적에 의한 해섬은 침적시키지 않은 해섬에 비해 약 1시간의 해섬시간이 단축된다.

참고문헌

1. 韓國製紙工業聯合會: "펄프·廢紙統計年報", 8 (1993).
2. 辛東韶: "國內古紙回收 促進을 위한 育成方案에 관한 研究", 서울大學校 農業 生命科學大學 林産工學科, 66 (1993).
3. Forming handsheets for physical tests of pulp TAPPI: "Pulp Properties Committee of Process and Product

- Quality Division" T 205, om-88, 2.
4. Lorren D. Ferguson: "Deinking chemistry: part 1", TAPPI 1992 Deinking Seminar Notes, Tappi Journal, Atlanta U. S.A., 77 (1992).
 5. *ibid.* 4., 79.
 6. 金炳熙 外: "成文 理化學辭典", 교육서관, 127 (1993).
 7. G.A.Smook: "펄프·제지공학", 대한교과서 주식회사, 6~11 (1992).
 8. *ibid.* 7., 86~87.
 9. Kleppe, P.J.: "Krafting pulping. Feature review", Tappi 53(1), 47 (1970).
 10. A.Shrinath, J.T.Szewczak, and I.Jerry Bowen: "A review of ink-removal techniques in current deinking technology", Tappi Journal, 88 (1991).
 11. T.W.Woodward: "Appropriate chemical additives are key to improved deinking operations", chapter 37, Deinking Technology, 155.
 12. Andy Harrison: "Flotation deinking is critical in unit process method of deinking", Pulp & Paper, 63 (1989).
 13. Jean-Claude Lescot: "Bleaching the Fibers", Deinking Conference, 5414 (1991).
 14. Brian Orgil: "The Complete Deinking Line For Printing and Writing End Use", Journal of the TAPPIK, vol. 19, No 1, 63~64 (1987).