

# 펄프몰드 제조를 위한 미분류 신문폐지의 펼핑 공정 최적화 (제 1보)

—실험용 고농도 펄퍼 이용—

조병욱 · 류정용<sup>†</sup> · 김태근<sup>\*1</sup> · 박대식 · 신은주 · 송봉근  
(2007년 9월 13일 접수:2007년 10월 26일 채택)

## Optimization of Repulping Process of Unsorted ONP for Pulp Mold (I)

— Laboratory high consistency pulper —

Byoung-Uk Cho, Jeong-Yong Ryu<sup>†</sup>, Tae-Keun Kim<sup>\*1</sup>, Dae-Sik Park, Eun-Ju Shin and  
Bong-Keun Song

(Received September 13, 2007; Accepted October 26, 2007)

### ABSTRACT

In order to utilize unsorted ONP, which contains leaflets (printed coated papers), to produce pulp mold, optimum conditions for a repulping process were investigated with a laboratory high consistency pulper. It was concluded that medium or high consistency pulping is necessary to accelerate the rate of deflaking of unsorted ONP. Considering flake content, fines content and pulping energy, the optimum conditions for the laboratory Helico pulper were 11% of repulping concentration and 3 min of repulping time. The repulping temperature shall be at least 30 °C. Aging of paper slows down the rate of deflaking but in an actual pulp molding process its effect could be negligible.

**Keywords :** *pulp mold, repulping, defibering kinetics, process optimization*

• 한국화학연구원, 바이오정밀화학연구센터 (Chemical Biotechnology Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology(KRICT), Sinseongno19, Yuseong, Daejeon, 305-600, Korea)

\*1 풍년기업사 (Pung Nyun Ind. Co., 4Ma 401 Shi-Hwa Industrial Complex, 701, Sungkok-dong, Danwon-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, Korea)

† 주저자(Corresponding Author): E-mail; ryryu@kriict.re.kr

## 1. 서론

펄프몰드는 주로 신문지 또는 골판지 등의 폐지를 원료로 다양한 형태의 금형을 사용하여 진공 흡입 성형한 후 건조시켜 각종 식품용기, 산업용 완충재, 농수산품용기 등의 포장재 및 완충재로 사용되는 성형제품이다.<sup>1)</sup> 펄프몰드 제품은 그 특성에 따라 크게 세 가지 종류로 나눌 수 있다: (1) 계란받침이나 청과용 포장 소재로 쓰이는 두께 1-3 mm의 소프트몰드; (2) 가전제품 등의 중량물 포장재로 쓰이는 두께 3 mm 이상의 하드몰드; (3) 앞, 뒷면이 모두 매끄러운 고급 포장소재인 하이테크 몰드. P사는 소프트몰드인 계란받침판을 제조하는 성형기와 하드몰드인 중량완충포장몰드를 제조하는 성형기의 두 공정라인을 가지고 있다. 계란받침판 등에 사용되는 소프트몰드는 유가 판매되지 못한 신문과 전단지 등이 분류된 균일한 품질의 신문지 폐지(sorted ONP(old newsprint))를 주원료로 사용하고 있다. 소프트몰드 생산 라인인 저농도 펄퍼에서 5% 농도로 3분간 펄핑 후, 3%로 희석해서 고농도 탱크로 이송, 저장된다. 지료는 다시 저농도 탱크로 이송되어 0.9%의 농도로 조절된 후 성형기로 공급된다. 성형기에서 진공 탈수되어 고형분 농도 27% 정도의 습몰드가 성형되고 그 다음에 건조기에서 열풍건조하여 98%정도의 건조도로 완성제품이 된다.

현재는 소프트몰드 생산을 위하여 유가 판매되지 못한 신문과 분류 신문폐지(sorted ONP)가 주원료로 사용되고 있으나, 인터넷 전자신문 이용 증가 및 신문발행부수 공시제도가 시행된 이후 미유통 신문의 절대량이 줄어들어서, 분류된 신문의 가격이 비싸고 구매가 힘들어지고 있다. 따라서 구매가 용이하고 저렴한 수거 신문지 즉, 미분류 신문지(unsorted ONP)를 사용해야만 하는데, 이와 같은 미분류신문은 신문지 이외에 광고전단지와 같은 다양한 인쇄물을 포함하고 있다. 전단지는 도공지에 인쇄가 된 형태이고, 인쇄층이 소수성을 띄어 물에 잘 젖지 않는다. 이러한 전단지가 펄프몰드 원료로 사용될 시, 펄핑공정에서 해리가 잘 되지 않는 문제가 발생한다. 해리가 충분히 되지 않은 지료를 펄프몰드의 재료로 사용하면, 지료의 미해리분 함량이 높아서 제품의 외관과 강도를 해칠 수 있다. 미해리분을 줄이기 위해서 오랜 시간 동안 펄핑하면, 펄핑에너지가 증가하고 미세분 발생이 조장됨에 따라 탈수 속도를 저

하시키는 문제점이 있다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 전단지를 포함하는 미분류 신문지 폐지를 사용하여 펄프몰드를 생산할 수 있도록 펄핑공정을 최적화 하고자 하였다. 펄핑 농도와 온도가 원료의 해리속도에 미치는 영향에 중점을 두었다. 또한 신문지 폐지는 수거되어 펄프몰드 공장에서 원료로 사용되기 까지 일정 시간이 걸리고, 이는 원료의 해리특성에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 종이의 노화가 해리특성에 미치는 영향도 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구에서는 신문지 폐지와 광고전단지를 섞어서 미분류 신문폐지를 구성한 후 사용하였다. 펄핑 농도의 영향을 조사하기 위한 실험에서는 신문지와 전단지의 비율을 각각 94%와 6%로 혼합하여 사용하였다. 또한 비교를 위하여 100% 신문지 폐지와 100% 전단지도 사용되었다. 펄핑 온도와 노화의 영향을 조사하기 위한 실험에서는 신문지와 전단지의 비율을 각각 90%와 10%로 혼합하여 사용하였다. 사용된 신문지 폐지는 같은 날짜에 인쇄된 동일 신문사의 신문을 P기업사에서 분양받아 공시재료로 사용하였고, 전단지는 인쇄소에서 파지 처리된 것을 분양받아 사용하였다. 신문지 폐지의 회분율은 9.8%, 전단지의 회분율은 37.7%이었다.

### 2.2 실험방법

펄핑은 10 L 용량의 실험실용 Helico 고농도 펄퍼를 사용하였다. 펄핑 농도의 영향을 조사하기 위해서, 펄핑 온도 15°C에서 신문지와 전단지 혼합물의 펄핑 농도를 7%에서 13%까지 변화시켰다. 펄핑 온도의 영향을 조사하기 위해서 펄핑 농도 11%에서 온도를 30, 50°C로 증가시켰다. 종이 노화의 영향을 조사하기 위해서 신문지 전단지의 혼합물을 65°C의 건조기에서 3일간 열가속 노화시킨 후, 11% 농도, 30°C에서 펄핑하였다. 실제 펄프몰드 생산 공정에서는 저농도 펄퍼에서 해리된 후, 고농도 탱크와 저농도 탱크에서 저장 후, 성형기로 공급된다. 고농도 탱크와 저농도 탱크의 지료는 침전을 막기 위해서 교반된다. 이러한 저장, 이송과정 중

에 지료에 가해지는 전단력에 의해 추가적인 원료의 해리가 발생한다.<sup>2)</sup> 이것을 시뮬레이션하기 위해서 3 L 용량의 탱크에서 20 L/min 용량의 원심펌프를 사용해서 지료를 30분간 순환시켰다.

원료의 해리정도는, 씬머빌 스크린(슬롯 폭: 75  $\mu\text{m}$ )을 사용하여 평가하였다. 씬머빌 reject를 미해리분, 200 mesh 체를 통과한 것을 미세분으로 정의하였다. 습식펄프몰드는 진공탈수에 의해서 몰드를 성형한다. 따라서 습식 펄프몰드의 탈수특성은 진공이 적용된 조건 하에서의 탈수정도에 의해 좌우된다. 해리된 펄프의 펄프몰드 성형 시 탈수특성은 본 연구원에서 개발된 RDA(Retention Drainage Analyser)<sup>3)</sup>를 사용한 감압탈수측정법을 사용하여 평가하였다. 초기 진공압은 300 mmHg, 평량은 350  $\text{g}/\text{m}^2$ 로 초치하면서 해압정도를 측정하여 탈수특성을 평가하였다. 섬유유리의 curl index는 TechPap사의 Morfi를 사용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 펄핑 농도의 영향

신문지(94%)와 전단지(6%)의 혼합물을 사용하여, 농도를 7%에서 13%까지 변화시키면서 펄핑하였다. 또한 신문지폐지와 전단지폐지만을 사용하여, 12% 농도로 펄핑하고 비교하였다.

Fig. 1은 원료의 종류와 펄핑농도가 원료의 해리속도에 미치는 영향을 보여준다. 신문지 폐지만 원료로 사용하면, 펄핑 시간 1분에 미해리분 함량이 0.43%였고, 3분에 0.19%까지 감소하였다. 즉, 펄핑 시 원료의 해리에 별 문제가 없다는 것을 보여준다. 반면에 전단지만 사용하였을 경우는, 3분 펄핑하면 미해리분 함량이 27.5%이었고, 5분에서도 13%정도의 미해리분이 존재하였다. 6%의 전단지가 섞였을 경우, 100% 신문지를 사용한 경우보다는 원료의 해리속도가 늦었으나, 전단지의 양이 적어서 신문지 쪽에 가깝게 나타났다.

펄핑 농도를 높였을 경우 원료의 해리속도는 빨라졌다. 7% 농도로 2분간 펄핑 하였을 경우, 미해리분은 12.1% 이었고, 13%로 농도를 높였을 경우, 2.6%로 감소하였다. 펄핑 시간 4분에서 농도가 7%일 경우 미해리분은 4.2%이었고, 펄핑 농도 13%에서는 0.6%로 감소하였다. 11%와 13%에서는 큰 차이가 발견되지는 않

았다. 펄핑시간 2분에서 11%에서는 미해리분이 4.1%이었고, 13%에서는 2.6%이었으나, 3분 이후에는 거의 동일하였다.

전단지의 해리가 불량한 이유는, 인쇄층이 소수성이기 때문이다. 종이가 개개의 섬유로 해리되기 위해서는 물이 종이 내부로 침투해서 섬유와 섬유 사이의 수소결합을 와해시켜야 한다. 종이 내부로 물이 침투하는 경로는 두 가지가 있다: (1) 종이의 윗면, 아랫면으로부터의 침투, 즉 두께 방향으로의 침투; (2) 종이 옆면으로의 침투. 신문지는 사이징이 심하게 되지 않아, 물이 주로 종이의 위, 아랫면에서 침투해 침투경로가 짧고, 따라서 섬유사이의 수소결합이 빠르게 깨질 수 있다. 반면에 전단지는 인쇄된 부분이 소수성이어서 종이의 두께 방향으로 물의 침투가 힘들다. 인쇄가 되지 않은 부분은 두께 방향으로 물의 침투가 가능하나, 인쇄 잉크가 도포된 부분은 종이의 측면에서 침투해 들어가야 한다. 인쇄된 부분이 넓을수록 물의 침투는 점점 어려워지게 된다. 따라서 인쇄가 많이 된 전단지는 물이 침투해 들어가는 면적이 작고 또한 침투 경로가 길어지게 되어 원료의 습윤강도가 강해지고 해리가 잘 일어나지 않는다.

농도가 높아질수록 원료의 해리가 빨라진 이유는 높아진 마찰력으로 설명이 가능하다. Fabry 등은 펄핑 농도가 높으면 shear factor가 높아지고 펄퍼 안에서 마찰력이 증가해서 원료의 해리를 촉진시킨다고 보고했다.<sup>4,5)</sup> Shear factor는 펄프 현탁액을 유동시키는 것과

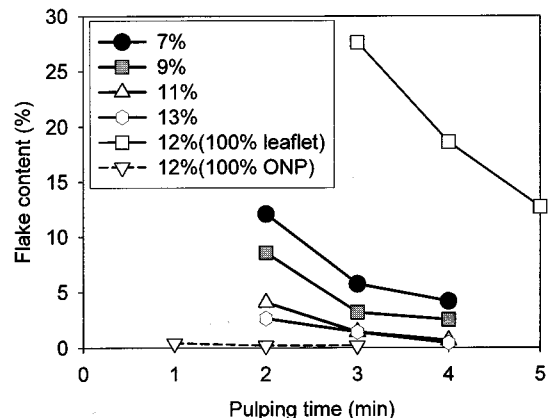


Fig.1. Effect of repulping concentration on deflaking rate. Raw materials: ONP (94%) + leaflet (6%), 100% leaflet and 100% ONP.

동일한 전력을 소비하는 Newtonian fluid의 점도로 정의되었다. 마찰력에 의해 폐지가 잘게 찢어지면, 종이 측면에서의 물의 침투 경로가 짧아지고 원료는 물에 빨리 젖게 된다. 종이가 잘게 찢어질수록, 원료는 물에 빨리 젖게 되어, 원료의 해리속도는 빨라지게 된다.

펄핑 농도 7%에서는 해리시간이 증가함에 따라 미세분 함량은 증가하였다 (Fig. 2). 이는 펄핑이 진행되면서 폐지내의 충전제와 미세섬유분, 코팅층내의 안료 등이 해리되어 나오기 때문이다. 펄핑농도 9%와 11%에서는 3분까지는 미세분 함량이 증가하나 4분에서는 거의 변화가 없었다. 펄핑시간 2분에서 비교하면, 미세분은 펄핑농도와 함께 증가하였다. 이것은 농도가 높을수록 폐지의 해리속도가 빠르고, 섬유가 해리됨에 따라 미세분의 생성도 점차 증가하였기 때문이다. 3분에서는 농도 9%, 11%, 13% 사이에 미세분 함량은 큰 변화가 없었고, 4분에서는 7-11%에서 유사한 값을 보여준다.

일반적으로 지료에 미세분이 많으면, 성형공정에서 미세분이 섬유사이의 공극을 막아 탈수성이 떨어진다. Fig. 3은 RDA를 사용, 평량 300 g/m<sup>2</sup>으로 성형하면서 지료의 진공탈수특성을 평가한 결과를 보여준다. RDA의 진공탈수도는 각 샘플의 진공 탈수성이 좋을수록 탈수 후 RDA 진공탱크의 감압된 정도가 크게, 즉 잔존하는 진공압이 낮게 나타난다.<sup>3)</sup> 이러한 진공 탈수압의 해압정도를 Final Air Permeability (FAP)로 정의하고 진공탈수성을 평가하는 지표로 사용하였다. 이 값이

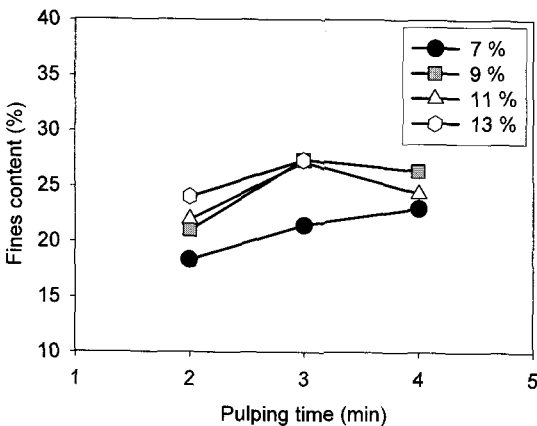


Fig. 2. Effect of repulping concentration on fines generation. Raw materials: ONP (94%) + leaflet (6%).

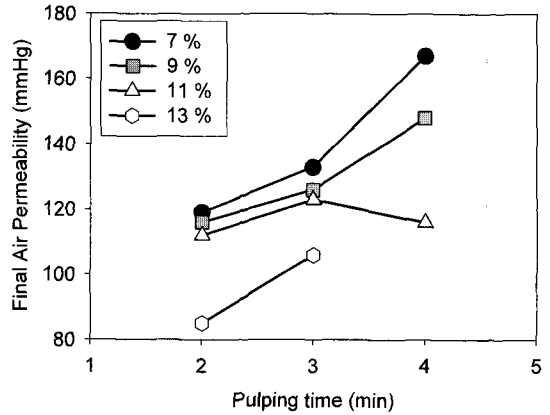


Fig. 3. Effect of repulping concentration on dewatering. Raw materials: ONP (94%) + leaflet (6%).

높을수록 형성되는 지필의 구조가 탈수가 잘 일어나지 않고, 값이 낮을수록 탈수가 잘 일어나는 것으로 생각할 수 있다. 해리시간이 길어질수록 Final Air Permeability 값은 증가하였는데, 이는 펄핑이 진행됨에 따라 발생하는 미해리분의 감소와 미세분 함량의 증가 때문으로 사료된다. 펄핑 시간 2, 3분에서 7%-11% 사이의 농도로 해리시킨 경우 탈수도에 큰 차이는 없었다. 그러나 펄핑 농도 13%에서는 미세분 함량이 높음에도 불구하고 탈수도가 가장 좋았다. 이는 고농도에서 펄핑시, 섬유사이의 마찰력 증가로 인해서 섬유가 외력을 받아 변형되어 curl이나 kink 등이 많이 생기고 (Fig. 4),

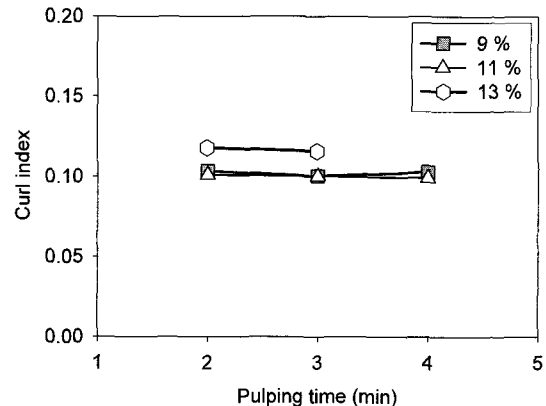


Fig. 4. Effect of repulping concentration on fiber curl. Raw materials: ONP (94%) + leaflet (6%).

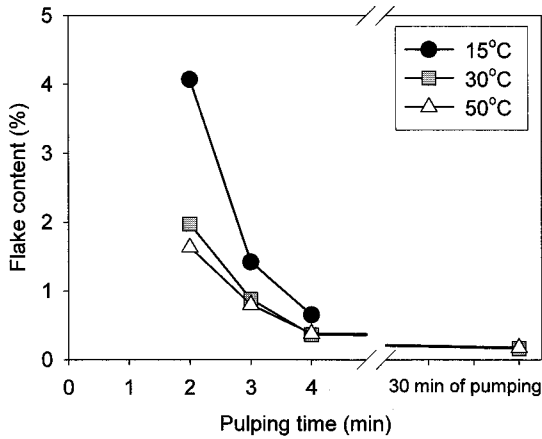


Fig. 5. Effect of repulping temperature on deflaking rate.

이 변형된 섬유가 탈수되는 지층 내에서 물이 빠져나갈 수 있는 공간을 제공하기 때문인 것으로 생각된다. 펄핑시간은 curl index에 영향을 미치지 않았다. 펄핑농도 9%와 11%에서 curl index값이 0.1정도로 거의 유사하였으나, 13%에서 0.12로 높아졌다.

### 3.2 펄핑 온도의 영향

동일 시간에서 비교하였을 시, 15°C보다는 30°C와 50°C에서 미해리분이 적었다 (Fig. 5). 저온에서 원료의 해리가 더딘 이유는 물의 점도가 높아, 종이내부로 물이 침투하는 속도가 느리기 때문으로 생각된다. 30°C와 50°C에서는 큰 차이가 발견되지 않았으나 펄핑시간 2분이 경과하였을 때 50°C에서 30°C보다 해리가 조금 빨리되었다. 3분 이후에는 차이가 발견되지 않았다. 또한 30분간 순환시켰을 경우, 잔여 미해리분이 완전히 해리(0.2%)되는 것을 알 수 있다. 즉, 펄핑 시간이 충분하면 온도에 따른 차이는 감소한다는 것을 알 수 있다. 펄핑 공정에 15°C 정도의 찬물을 사용하면 해리속도가 느려지고, 30°C 정도면 종이의 해리에 별 문제가 없다고 판단된다. P사에서 실제 생산 공정에서 펄핑 시 사용되는 공정수의 수온은 3월에 30°C, 8월에 39°C 정도<sup>6)</sup>로 임의적으로 공정수의 온도를 올릴 필요는 없다고 판단된다.

30°C와 50°C에서 펄핑 시 미세분 함량은 큰 차이가 없었다 (Fig. 6). 15°C에서 펄핑한 지료의 미세분이 30°C와 50°C보다 적었는데, 이는 원료의 해리가 덜 되었

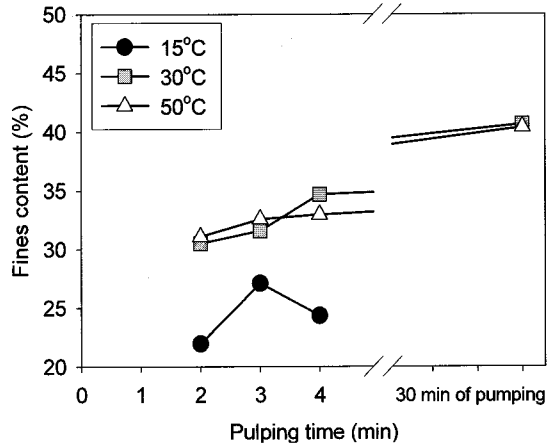


Fig. 6. Effect of repulping temperature on fines generation.

기 때문으로 사료된다. 펄핑이 진행됨에 따라, 원료가 해리되고, 미세분 함량은 증가하였다. Fig. 7은 펄핑 온도가 펄프의 탈수도에 미치는 영향을 보여준다. 펄핑 시간이 증가하였을 시, 미세분의 증가로 탈수 속도는 저하하였다. 펄핑 온도별로 큰 차이는 발견되지 않았다. 15°C에서 탈수가 약간 빠르는데 이는 30°C와 50°C의 경우와 비교해서 미해리분이 많고 미세분이 적어 물이 빠져나갈 수 있는 공간이 더 많기 때문으로 사료된다.

### 3.3 노화의 영향

노화된 종이 펄핑 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 신문지(90%)와 전단지(10%)를 65°C의 건조기에

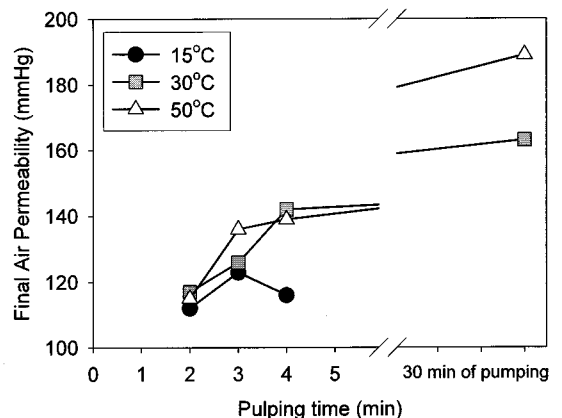


Fig. 7. Effect of repulping temperature on dewatering.

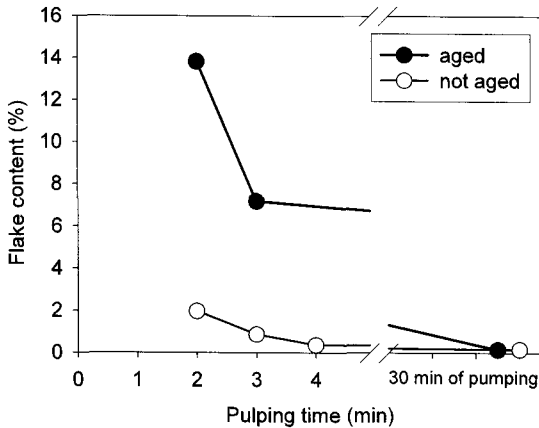


Fig. 8. Effect of aging of paper on deflaking rate.

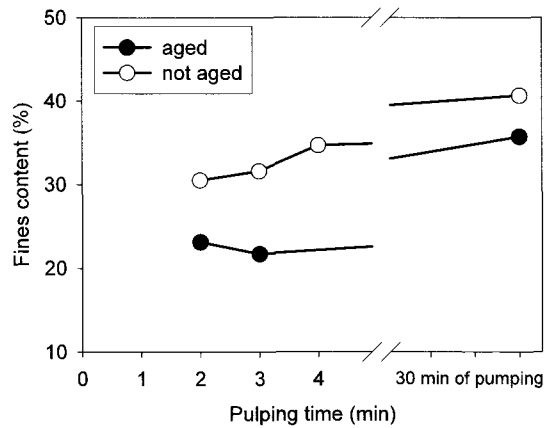


Fig. 9. Effect of aging of paper on fines generation.

서 3일간 노화시킨 후, 온도 30°C, 농도 11%의 조건에서 고농도 펄퍼를 사용하여 해리하였다. 종이가 노화되면, 노화가 되지 않은 종이에 비해서 해리가 늦게 된다 (Fig. 8). 노화시켰을 경우, 펄핑 시간 2분에서 미해리분이 2%에서 13.9%로 12% 정도 그리고 펄핑 시간 3분에서 미해리분이 0.9%에서 7.2%로 6% 정도 증가하였다. 그러나 30분간 펄핑하면 노화시켰을 경우와 노화되지 않았을 경우, 미해리분이 각각 0.16%와 0.15%로 거의 다 해리되었다. 따라서 실제 펄프몰드 제조공정에서 펄핑 후, 고농도 탱크와 저농도 탱크에서 저장되고 성형기로 이송되는 중에 충분히 해리될 수 있어 원료의 노화 정도는 별 문제가 되지 않는다고 판단된다. 종이를 노화시켰을 경우 미해리분이 증가하는 이유는 열 가속 노화시킨 종이의 습윤지력강도가 증가해서 해리가 저해되었기 때문으로 사료된다. Shin과 Ryu에 따르면, 고지를 열 가속 노화처리하면 잉크가 경화되어 탈묵성이 저하되고 고지의 습윤지력강도가 증가한다고 한다.<sup>7)</sup> 또한 섬유가 각질화 되는 등의 이유로 해리 시 발생되는 미세섬유의 양이 증가됨을 볼 수 있었다.

동일 펄핑 시간에서 비교하면 노화시켰을 경우가 노화되지 않은 경우보다 미세분이 적었다 (Fig. 9). 이는 동일시간 펄핑 시 노화를 시킨 종이가 해리가 덜 되었기 때문으로 사료된다. 30분간 펄핑해서 원료가 완전히 해리되었을 경우에는 미세분함량의 차가 감소하였다. 노화시켰을 경우 탈수도는 좋아졌다 (Fig. 10). 이는 미세분이 적었기 때문으로 사료된다. 종이가 충분히 해리되었을 경우 (즉, 30분간 펄핑하였을 경우) 탈수도는 유

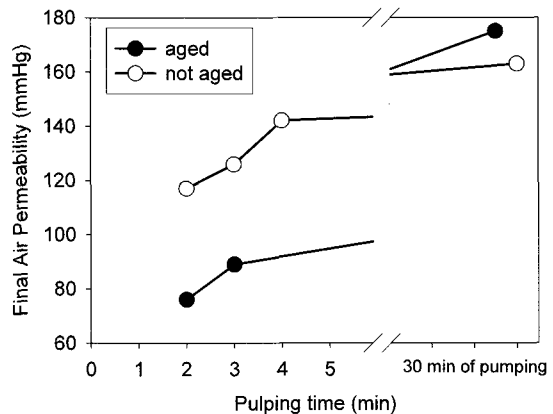


Fig. 10. Effect of aging of paper on dewatering.

사하였다.

## 4. 결론

전단지가 포함된 신문지 폐지를 빠르게 해리하기 위해서는 중농도나 고농도 펄핑을 해야 한다. 저농도에서 충분한 해리를 얻기 위해서는 오랜 시간동안 펄핑을 해야 한다. 본 연구에 사용된 실험실용 Helico 펄퍼의 최적조건은 펄핑 농도 11%, 펄핑 시간 3분이었다. 15°C 정도의 찬물에서는 원료의 해리가 더디기에, 펄핑 온도는 30°C 정도가 적합하다고 사료된다. 종이의 노화는 펄핑 속도를 둔화시키나 고농도 탱크에서 저장 또는 그

이후의 이송공정 중에 충분히 해리가 되어 실제 펄프몰드 제조공정에서는 별 문제가 없을 것이라 판단된다.

## 사 사

본 연구는 산업자원부 부품·소재 통합연구단의 부품·소재 종합기술지원사업으로 수행되었습니다. 본 연구에 협조해주신 풍년기업사 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 인용문헌

1. Ahn, B.-K., Studies on the characteristics of molded pulp trays as a packaging material, J. Korea TAPPI 26(4):33-40 (1994).
2. Sung, Y. J., Ryu, J.-Y., Kim, H. J., Kim, T. K. and Song, B. K., Improvement of drainage at wet pulp mold process, J. Korea TAPPI 36(3):52-59 (2004).
3. Woo, Y.-K., Ryu, J.-Y., Kim, Y.-H., Song, B.-K. and Cho, N.-S., Application of the novel test machine, retention drainage analyzer(RDA) for wet-end analysis of papermaking process(I): Studies on formation of paper sheet molded by RDA, J. Korea TAPPI 34(4):1-6 (2002).
4. Fabry, B., Roux, J.-C. and Carré, B. Characterization of friction during pulping: an interesting tool to achieve good deinking, J. Pulp Paper Sci. 27(8): 284-288 (2001).
5. Roux, J.-C., Franc, N., Duffy, G. G. and Fabry, B., Shear Factor : a new way to characterize fiber suspension shear, TAPPI J. 84(8): 1-18 (2001).
6. 류정용, 성용주, 환경친화형 완충포장재인 펄프몰드의 softness 및 생산효율 개선을 위한 기술 지원, 부품·소재 종합기술지원사업 최종보고서, 산업자원부 (2004).
7. Shin, D.-S. and Ryu, J.-Y., Studies on the manufacturing of fine paper with the deinked pulp - Effect of heat-induced accelerated aging treatment on the repulping properties of white ledger, J. Korea TAPPI 27(2):31-40 (1995).