

# 습식 펄프몰드 생산공정의 탈수성 향상을 위한 연구

성용주<sup>†</sup> · 류정용 · 김형진<sup>\*1</sup> · 김태근<sup>\*2</sup> · 송봉근  
(2004년 2월 13일 접수: 2004년 7월 30일 채택)

## Improvement of Drainage at Wet Pulp Mold Process

Yong Joo Sung<sup>†</sup>, Jeong-Yong Ryu, Hyung Jin Kim,<sup>\*1</sup> Tae Keun Kim,<sup>\*2</sup> and Bong Keun Song  
(Received on February 13, 2004: Accepted on July 30, 2004)

### ABSTRACT

The greater increase of the demand for environmental friendly materials especially for packaging industry leads to the larger interest in the reusable and recycable materials such as pulp mold. Although the pulp mold has great characteristics for packaging, some deficiency compared with other packaging material like EPS(Expandable Polystyrene) need to be overcome, for example, the relative higher cost.

In this report, since the water drainage rate at the forming zone of a wet pulp mold process could have a great influence on the economical efficiency not only by increasing machine speed but also reducing the drying energy, the optimum ways for increasing drainage were investigated

The mechanism of vacuum drainage in pulp mold forming was successfully evaluated by using RDA(Retention and Drainage Analyzer). Since the conditions of stock were greatly affected by the pulping time of low consistency pulper, the optimum pulping time was investigated with considerations of all stock preparation processes. The change of stock temperature and the addition of polyelectrolyte could improve the vacuum drainage rate. It was founded that the wire mesh types of mold former had a little influence on the retention because of the relatively mild vacuum drainage. However, the bigger size of dewatering hole showed better drainage rate and could reduce the plugging and contamination of mold.

**Keywords** : pulp mold, vacuum drainage, drainage rate, RDA, wire mesh

---

• 한국화학연구원 펄프제지연구센터 (Pulp and Paper Research Center (PPRC), Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT), P.O. Box 107, Yusung, Daejeon 305-606, Korea)  
\*1 국민대학교 삼림과학대학 임산공학과 (Dept.of Forest Products, Kookmin University, 861-1, Chongnung-dong, Songbuk-gu, Seoul, 136-702, Korea)  
\*2 풍년기업사 (Pung-Nyun Ind.Co., 701, Sungkok-Dong, Ansan-Si, Kyungki-do, Korea)  
† 주저자 (Corresponding Author) : E-Mail: yosung@kRICT.re.kr

## 1. 서론

펄프몰드는 주로 신문고지 또는 골판지 고지 등의 폐지를 원료로 다양한 형태의 금형을 사용하여 진공흡입 성형한 후 건조하여 각종 식품용기, 산업용 완충재, 농수산물 용기 등의 포장재 및 완충재로 사용되는 성형제품이다.<sup>1)</sup> 펄프몰드는 겹쳐 쌓을 수 있어 물류비용을 절감시키고, 다양한 기능성 부여 및 외장이 가능하며 포장공정을 단순화 할 수 있는 등 다양한 장점을 가지고 있다. 특히 사용 후 다시 원료로 재사용할 수 있을 뿐만 아니라 그 원료 및 생산 공정이 모두 환경친화적인 대표적인 친환경 소재인 것이다. 국내에서는 2003년 1월 1일부터 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률개정으로 인해 생산자 책임 재활용 제도(EPR, Extended Producer Responsibility)가 시행되고 국제적으로는 상업포장 및 포장폐기물에 관한 규제가 더욱 심해짐에 따라 이러한 친환경 포장소재인 펄프몰드에 대한 관심이 더욱 커져가는 실정이다.<sup>2)</sup> 특히 전 세계적으로 증가하고 있는 물류의 유통과 더불어 현재 널리 사용되고 있는 스티로폼 계열의 포장소재를 대체할 수 있는 차세대 친환경 포장소재로서의 가능성이 제시되는 펄프몰드는, 상대적으로 부족한 구조적 물성, 즉 완충성, 표면성, 또 균일성 등을 극복하고 공정개선을 통한 생산비용을 절감한다면 앞으로 더욱 각광 받는 소재로 사용될 것이다.

펄프몰드제품은 그 특성에 따라 크게 세 가지 중

류, 달걀받침이나 청과용 포장소재로 쓰이는 두께 1~3 mm의 소프트몰드, 가전제품 등의 중량물 포장재로 쓰이는 두께 3 mm 이상의 하드몰드, 앞, 뒷면이 모두 매끄러운 고급 포장소재인 하이테크 몰드로 나뉠 수 있다. 이러한 펄프몰드의 생산 공정은 크게 그 제조 방법에 따라 건식과 습식의 두 방법으로 구분되는데, 건식방법의 경우 표면 특성이 중요한 하이테크 몰드 생산에 주로 사용되고 있다. 제품 한 개씩 성형, 압축, 건조하는 건식법의 경우 그 생산속도가 낮아서 범용 펄프몰드의 대량 생산에는 여러 장을 한꺼번에 성형하는 습식방법이 사용되고 있다.

습식 펄프몰드 제조 방법에서는 고지의 해리 및 펄핑, 원료조성, 성형기에서 진공탈수, 그리고 열풍 건조기에서의 건조의 단계를 거쳐 몰드제품이 제조된다. Fig. 1 은 습식펄프몰드의 생산 공정의 간단한 공정도이다. 이러한 몰드제조공정에서의 다양한 공정 변수에 따른 변화 등은 실제로 거의 연구가 된 바가 없고 실제 공정에서의 공정조건 등은 시행착오를 거듭하며 조절되는 현실이다. 전 세계적으로 그 수요가 점차 커져가고 있는 소재로서 그 생산방식의 효율화 및 표준화를 통한 생산비용 절감 및 품질개선은 필수적인데, 본 연구에서는 실제 습식 방식으로 계란포장용 펄프몰드를 생산하는 공정에서의 탈수성 개선을 위한 방안을 모색하여 생산성을 최적화함으로써 물성의 개선을 유도할 수 있는 근간을 이루고자 하였다.

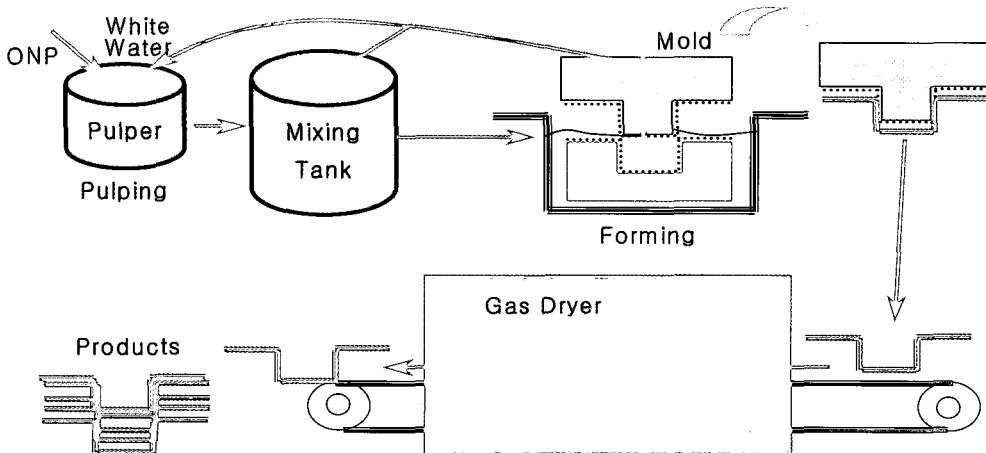


Fig. 1. Schematic diagram of pulp mold making process.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 원료

본 연구에서 사용된 신문고지는 실제 습식 펄프 몰드 제조에 사용되는 국내산 신문고지로서 인쇄 후 저장기간이 3일 이하인 양질의 신문고지였다. 경질원료로 사용되는 골판지고지는 박스 제조 시 발생하는 파지가 주를 이루는 국내산 골판고지를 사용하였다.

### 2.2 탈수도 측정

습식 펄프몰드의 성형에서는 보통의 제지공정과는 달리 자연탈수가 일어나지 않고 바로 진공탈수를 행하여 몰드를 성형하는 특징이 있다. 따라서 습식 펄프몰드의 탈수 특성은 진공이 적용된 조건에서의 탈수정도에 의해 좌우된다. 본 연구원에서 개발한 RDA(Retention Drainage Analyser)을 사용한 감압탈수측정법을 적용하여 펄프의 진공탈수에서의 탈수특성을 평가한 결과 펄프몰드의 탈수특성을 평가할 수 있었다. 또한 형성된 몰드를 건조하여 몰드의 물리적 성질 또한 측정하였다. Fig. 2.는 본 연구의 몰드 탈수 실험에 사용된 RDA의 모식도이다.<sup>3)</sup>

### 2.3 지료 조성분 측정

펄프몰드의 원료로서 고지의 해리 정도를 최적화하기 위한 방법으로 각 펄핑 단계에서 적절한 해리가 이루어졌는지 평가하였다. 이 때 사용된 방법은 각 펄핑 단계별 고지원료의 미해리분(Flake), 섬유분(Fiber) 그리고 미세섬유분(Fines)의 3F 조성을 측정하여 해리정도를 정량화하는 것이었다.(Fig. 3) 특히 본 실험에서는 상대적으로 해리가 용이한 상급신문고지를 사용하였기 때문에 Somerville screening시 세척수의 shear에 의한 미해리분의 해리가 발생하는 것을 확인한 후 실제 3F 측정시 이러한 영향을 최소화하는 마일드한 바이브레이션을 적용하여 미해리분을 걸러내었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 펄핑조건외 최적화

펄프몰드의 원료의 성질은 전체 성형공정의 탈수성에 큰 영향을 미치는데 주원료인 신문고지가 저농도 펄퍼에서 해리될 때의 조건에 의해 그 특징이 결정지어진다. 최적의 탈수성을 확보하고 또한 상대적으로 에너지 소비가 많은 저농도 펄퍼의 효

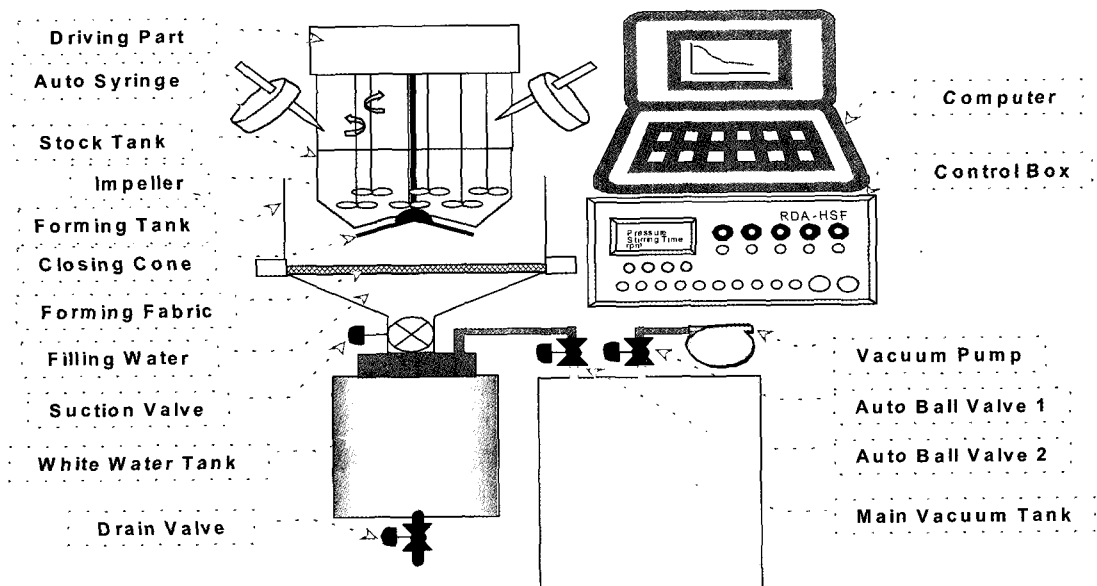


Fig. 2. Schematic diagram of RDA(Retention and Drainage Analyser).

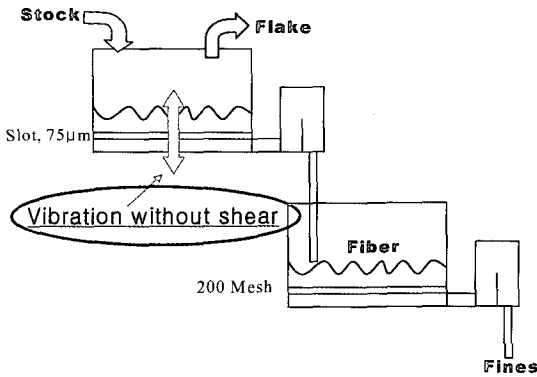


Fig. 3. Schematic diagram of the 3F analysis.

율을 극대화하기 위해 최적 펄핑 시간을 평가하였다. 펄핑 시간이 너무 긴 경우에는 미세분 등의 발생이 심화되어 탈수가 저하될 뿐만 아니라 몰드의 구조가 치밀해져서 열풍건조 시에 수분의 제거가 효과적으로 일어나지 않는 문제점을 유발시킬 수 있다. 상대적으로 너무 짧은 펄핑시간은 원료 중 충분히 해리되지 못한 플레이크의 비율이 많아져서 강도가 저하되거나 또는 상품의 외관이 불량해지는 단점이 발생할 수 있다. 따라서 최적의 해리조건을 잡는 것은 성형공정의 탈수성 향상 뿐만 아니라 펄퍼에서의 최적 동력 소비, 건조기의 건조에너지 최적화, 품질의 최적화 등을 이끌어 낼 수 있는 기본적인 조건이라고 할 수 있겠다.

실제 현장에서 사용되는 저농도 펄퍼에서 현 현장조건이 3%의 농도 조건으로 각각 3, 4, 5, 6분 해리하여 각 단계별로 원료를 채취하여 그 특성을 알아보았다. 각 펄핑 시간별로 지료성분별 함량(3F; Flake, Fiber, Fines)을 분석하였고 여수도

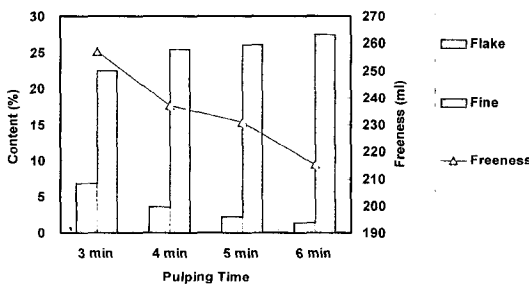


Fig. 4. Effects of pulping time on freeness and 3F contents.

(CSF)의 변화를 알아 보았다. Fig. 4에서 나타난 바와 같이 해리시간이 길어짐에 따라 미세분의 함량이 늘어나고 여수도도 감소되는 것을 알 수 있다. 특히 플레이크의 함량으로 미루어 보아 실제 현장 조건에서는 약 5분에서 6분 사이에 해리가 완전히 이루어짐을 확인할 수 있었다.

이러한 각 해리시간별로 지료의 진공탈수특성을 RDA를 사용하여 평가하였다. 이 때 사용된 지료의 양을 실제 생산되는 펄프몰드의 조건을 모사하기 위해 평량 300g/m<sup>2</sup>로 맞추어 그 탈수특성을 알아 보았다.

RDA의 진공 탈수도는 각 샘플의 진공 탈수성이 좋을수록 탈수 후 RDA 진공탱크의 감압된 정도가 크게, 즉 잔존하는 진공압이 낮게 나타나는데 Fig.5에서 보는 바와 같이 펄핑시간이 증가할수록 탈수성이 나빠지는 경향을 확인할 수 있었다.

따라서 탈수성 및 공정에너지 감소를 위한 가장 최선의 방법은 해리시간을 최대한 단축하는 것인데 이러한 경우에 그 물성의 변화를 알아보았다.

각각의 해리시간별로 생산된 지료를 수초지하여 압축강도, 인장강도, 신장도 등을 TAPPI Standard 방법을 따라 평가하였다. Table 1에서 나타난 바와 같이 펄핑 시간이 증가할수록 강도가 증가하는 경향을 나타내었지만 그 증가폭은 크지 않은 것으로 확인되었다. 또한 얻어진 지필의 밀도가 펄핑 시간이 증가함에 따라 증가하는 양상을 보

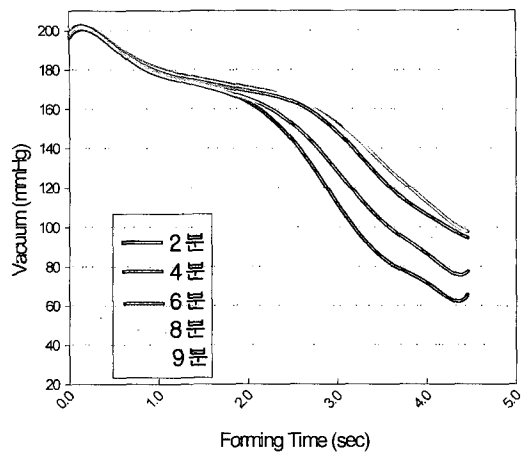


Fig. 5. Effects of pulping time on the vacuum drainage at forming.

**Table 1. Effects of pulping time on the mechanical properties of mold**

Pulping Time	3min	4min	5min	6min
Compressive Strength (N)	17.4	18.5	18.7	19.3
stdev	0.8	0.9	0.9	0.6
Tensile (kN/m)	4.7	4.9	5.3	5.0
stdev	0.3	0.3	0.3	0.2
Elongation (mm)	1.3	1.6	1.8	1.8
stdev	0.2	0.2	0.2	0.3
<b>Density(kg/m3)</b>	<b>512.7</b>	<b>539.7</b>	<b>544.2</b>	<b>522.0</b>

이는 것으로 보아 치밀한 구조가 형성되고 있는 것을 확인할 수 있었고 이러한 치밀한 구조는 몰드의 완충성이나 통기성에 악영향을 미칠 것으로 예상되었다.

실제 몰드생산공정에서는 원료의 해리가 단속식으로 이루어지기 때문에 연속공정을 가능하게 하기 위해서는 원료를 저장하는 두 개의 탱크를 사용하여 원료의 저장 및 조성을 하게된다. 따라서 공정상에서 원료는 저농도펄퍼에서 3분간 3%의 농도로 해리된 후 백수를 첨가하여 2.3% 농도로 희석되고 이 희석된 원료는 고농도 탱크로 이송된다. 원료는 다시 저농도 탱크로 이송되어 0.9%의 농도로 조절된 후 성형기로 공급된다. 이러한 원료의 이송과정은 원료의 해리정도에 영향을 미칠 수 있기 때문에 최적의 원료조건을 파악하기 위해서 이송 중 발생할 수 있는 전단력 등에 의해 지료의 성질이 어떻게 변화되는지를 분석하였다.

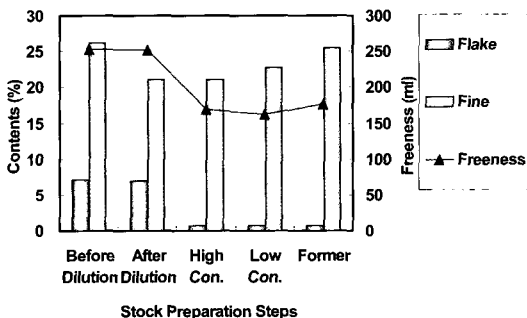
펄퍼에서 3분간 해리된 원료는 Fig. 4에서와 같이 아직 상당한 미해리된 플레이크가 포함되어 있다. 이러한 미해리분은 펄퍼에서 고농도 탱크로 이

송되는 중 대부분 해리되는 것으로 확인되었다. (Fig. 6)

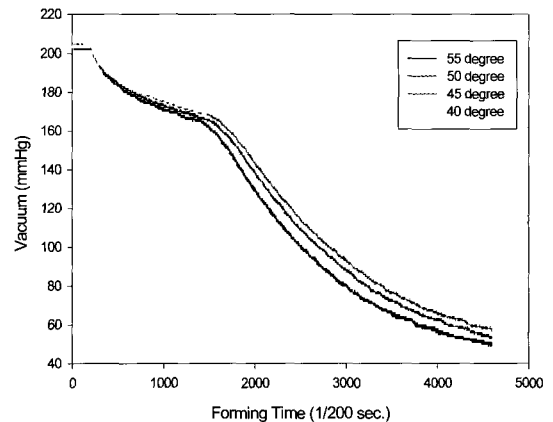
여수도의 경우에도 동일한 공정 단계에서 저하 현상이 일어나지만 그 이후의 공정에 의해서는 큰 변화를 나타내지 않았다. 이는 상대적으로 농도가 높은 2.3%의 지료가 펌프를 통해 이송될 때 지료에 가해지는 전단력에 의해 해리가 발생하기 때문으로 생각되고 그 후의 공정에서는 지료의 농도가 낮기 때문에 해리효과가 적은 것으로 생각된다. 따라서 비록 3분간의 펄핑시간에서는 원료의 해리가 완전히 이루어지지 않지만 그 후의 이송공정에 의해 충분한 원료의 해리가 이루어지며 성형기로 도입될 수 있음을 확인하였다.

**3.2 온도 및 첨가제에 의한 탈수성 개선효과**

성형기에서 몰드 성형 시 빠른 탈수는 성형시간의 단축을 통해 생산속도를 향상시킬 뿐만 아니라



**Fig. 6. The change of stock properties depending on the stock preparation stage.**



**Fig 7. The effects of temperature on the vacuum drainage.**

탈수 후 건조기에 도입되는 몰드의 건조도를 높임으로 건조시간 단축 및 건조 에너지 절감의 효과를 기대할 수 있다. 이러한 성형기의 탈수속도를 향상시키기 위한 방안으로 성형 시 펄프원료의 온도를 높이는 방안과 고분자 전해질의 첨가를 통해 탈수속도를 향상시키는 방안을 적용해 보았다.

현장 성형기에서 채취한 지료의 온도를 변화시키면서 탈수 특성을 평가하였다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 지료의 온도가 상승하면서 물의 점도가 감소되어 탈수가 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 저분자량의 다분지형 고분자 전해질 첨가에 의한 탈수성 변화를 RDA를 사용하여 평가하여 보았다. 이러한 고분자 전해질은 미세분의 응집을 유도하여 성형된 몰드의 미세구멍이 막히는 것을 막아줌으로써 탈수를 용이하게 할 뿐만 아니라 건조를 촉진시키는 역할을 하여준다.<sup>4)</sup> 상급의 신문고지만을 원료로 사용하고 특별한 약품의 첨가가 없는 공정이기 때문에 백수의 칼슘경도(Calcium Hardness)가 280 ppm 정도로 상대적으로 낮고 정전기적인 중화를 위해 소요되는 양이온성 고분자 전해질 요구량도 2.0 (mL of 0.001N DADMAC / 10 mL of white water) 정도로 낮아 고분자 전해질의 효과가 뛰어난 것을 알 수 있었다. (Fig. 8)

### 3.3 성형기 금망에 종류에 따른 성형효율 분석

습식펄프몰드에 사용되는 성형기는 몰드의 모양

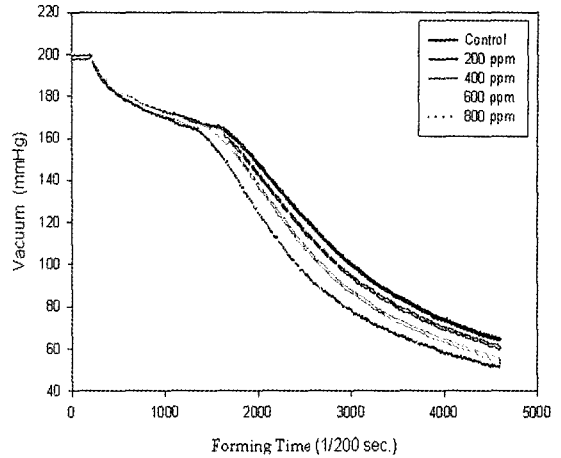


Fig. 8. The effects of polymer additive on the drainage.

을 결정하는 금형(Mold) 위에 적당한 메쉬의 금망(wire)이 씌워져있는 형태를 갖는다. 이러한 금형에는 진공탈수의 배수구로서 구멍이 뚫어져 있는데 제품을 연속적으로 생산함에 따라서 이러한 진공구멍이 오염되어 금형이 막히거나 금망 자체가 섬유 등의 영킴으로 막힘에 따라 탈수도의 저하를 가져오는 경향이 있다. (Fig. 9) 이러한 금망, 금형 등의 오염을 방지하기 위해 각각의 성형단계 후 강한 샤워로 금망의 표면을 세척하게 된다. 이때 금망의 메쉬 사이즈는 금망의 세척에 큰 영향을 미칠수 있으므로 그 세척 효율을 높이고 오염을 방지하기 위해

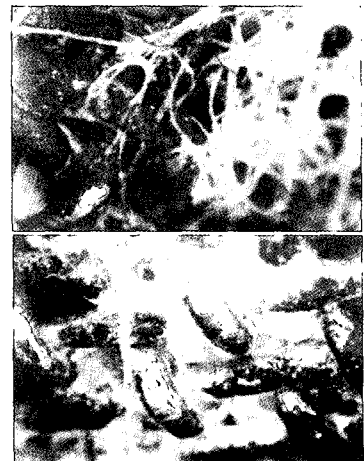
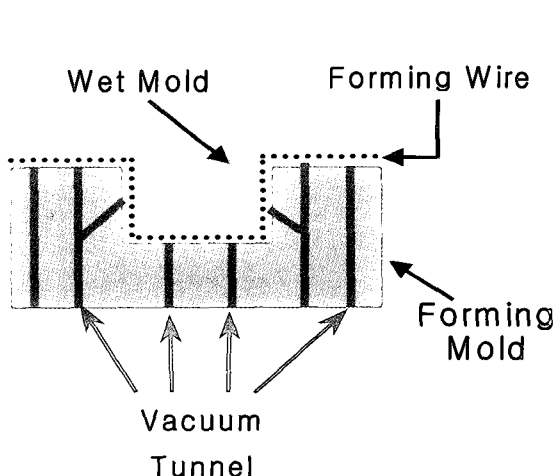


Fig. 9. The schematic diagram of forming mold and contamination at the forming mold and wire.

서는 메쉬 사이즈가 큰 금망을 사용하는 것이 효과적이라고 할 수 있다. 하지만 너무 큰 구멍의 메쉬의 경우 원료의 보류가 나빠지는 단점이 있을 수 있으므로 여러 가지 조건을 고려한 최적의 금망을 선택하여야 한다. 이러한 목적으로 각각의 금망의 메쉬 사이즈가 탈수 및 기타 공정 특성에 미치는 영향을 알아보았다.

본 실험에서는 현장에서 사용되는 50 mesh의 금망 이외에 각기 다른 mesh를 가진 4종류의 금망을 사용하여 RDA에서의 탈수도 측정 시험을 행하였다. 또한 이때 탈수된 백수의 농도를 측정함으로써 실제 보류도를 평가하였다. 특히, 탈수도의 변화를 좀더 정확히 평가하기 위하여 다단탈수 방법을 적용하여 진공탈수 시의 미세한 차이를 알아보았다.

Fig 10.에서 보는 바와 같이 금망이 성길수록 즉, 실제 금망의 구멍이 커질수록 탈수도가 다소 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 보류도의 경우에는 반대로 메쉬수가 커질수록 보류도가 증가하는 것을 알 수 있는데 그러나 그 차이는 크지 않은 것을 확인하였다. 상대적으로 두꺼운 지필을 형성하는 펄프몰드의 성형과정에서는 금망의 메쉬 종류가 탈수나 보류도에 영향을 미치기는 하지만 그 영향은 크지 않았다. 하지만 실제 공정에서 금망의 크기가 금망의 오염이나 세척용이성 등에 미치는 영향은 클 것으로 예상되므로 메쉬수가 작은 금망의 선택이 바람직할 것으로 생각된다.

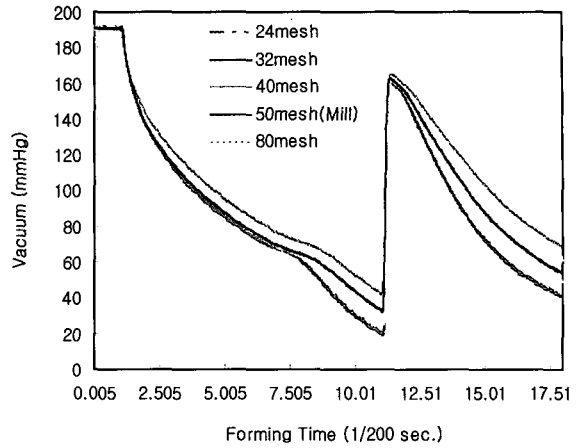


Fig. 10. The effects of mesh size of forming wire on drainage.

### 4. 결론

습식 펄프 몰드의 제조공정에서의 생산성 향상과 원가절감을 위한 한 방안으로 다양한 공정변수의 조절에 의한 몰드성형 시 탈수성 향상 방법을 모색해 보았다. 몰드성형에서의 진공탈수를 모사한 RDA의 감압탈수도를 평가하여 각 조건별로 탈수성을 평가하였다. 현장에서 사용되는 저농도 펄퍼의 최적 운용조건을 각각 펄핑시간별로 자료를 채취하여 그 섬유특성을 평가하고 또 실제 공정라인별로 자료의 변화를 평가함으로써 최적 펄핑 시간을 제시할 수 있었다.

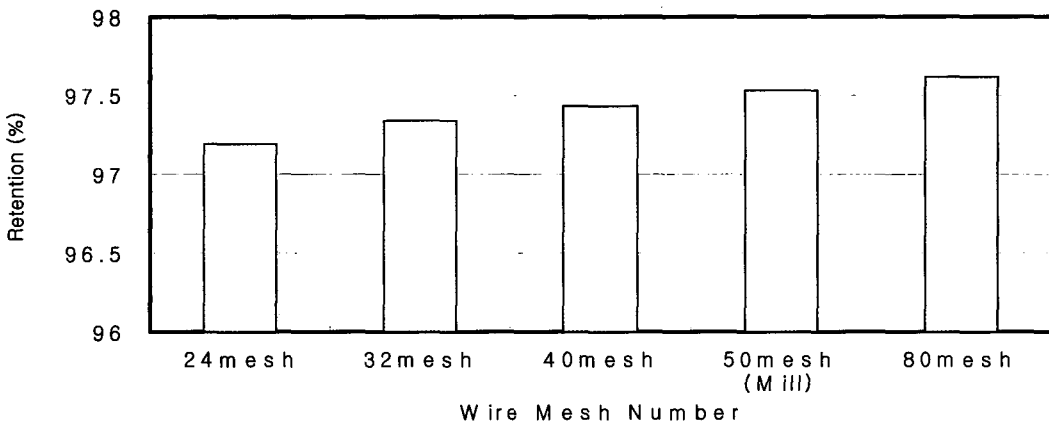


Fig. 11. The effects of mesh size of forming wire on retention.

성형기에서의 지료의 온도증가는 탈수속도의 향상뿐만 아니라 실제 건조기로 유입되는 습펄프몰드의 온도를 증가시켜 건조에너지를 절감시키는 효과를 기대할 수 있다. 특히, 현장에서 열풍건조기에서 발생하는 폐열의 재이용과 높은 온도로 배출되는 진공펌프의 실링수 등을 분할관리 할 때 얻게 되는 열을 이용하게 되면 더욱 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 생각된다.

금망의 종류에 따른 성형기에서의 탈수도 및 보류도의 변화를 알아보았다. 금망의 메쉬수가 낮을수록 탈수도가 증가하나 보류도에서의 큰 차이는 보이지 않았다. 이러한 낮은 메쉬수의 금망은 세척을 통한 오염물질의 제거가 상대적으로 용이할 것으로 기대된다.

## 사 사

본 연구는 산업자원부 부품·소재통합연구단의

부품·소재 종합기술지원사업의 지원으로 수행되었습니다. 본 연구에 적극적으로 협조해 주신 풍년기업사 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 인용문헌

1. Ahn, B-K, 펄프몰드 트레이의 포장재료적 특성에 관한 연구, 펄프·종이기술, 26(4):33-40 (1994).
2. 방종식, 포장재의 생산자책임재활용제도 시행, 월간포장, No.224 (11):5 (2002).
3. Woo, Yi-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 (1), 펄프·종이기술, 34(4):1-6 (2002).
4. Sung, Y-J., and Lee, H-L. The effect of poly-electrolytes on the drainage properties of BKP, 펄프·종이기술, 31(2):64-69(1999).