

표면사이징 전분 농도에 따른 지필 건조도 변화

정영빈, 이학래, 정광호

서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

Effect by solids content of starch solution on dryness of surface sized paper

Young Bin Jeong, Hak Lae Lee, Kwang Ho Jeong

Department. of Forest Science, College of Agriculture and Life Sciences,
Seoul National University

1. 서 론

제지 공정은 다량의 용수를 사용하는 공정이다. 펄프, 충전물 등의 원료 혼합에서부터 각종 첨가제의 투입과 표면사이징, 코팅 등의 후처리 공정에 이르기까지 물을 사용하여 이루어지고 있다. 그러므로 최종 제품의 생산에 이르기까지 지필로부터 물을 제거하는 공정의 효율은 전체 공정의 조업성 및 생산성에 중요한 영향을 미치게 된다.

습부 공정에서는 지필이 형성되면서 탈수 및 압착 공정을 통하여 건조 지필을 형성하는 과정을 거치게 되지만, 압착 공정 이후 건조 지필에 추가적인 처리를 하는 경우에 있어서는 오로지 건조 에너지를 가하여 지필의 건조도를 확보할 수 밖에 없다. 이 중 표면사이징 공정은 표면 특성 및 물성 향상의 측면에서 널리 사용되고 있으나 탈수 및 압착 과정을 거치면서 건조된 지필에 물이 포함된 사이즈액을 재도포하여 지필의 건조도를 낮추기 때문에 추가적인 건조 설비와 에너지를 소모하게 되는 것을 피할 수 없다.

표면사이징 공정에서 소모되는 에너지를 줄이기 위한 방법을 고안함에 있어 설비의 효율성 증대나 열 전달 간 손실의 최소화 등 다양한 개념으로 접근할 수 있다. Pikulik¹⁾은 라이너지의 강도 향상을 위해 프레스 후의 습지필에 전분을 분무하여 건조 에너지를 감소시키는 방안을 발표한 바 있다. 하지만 근원적으로 물을 적게 도포하면 건조에너지가 줄어든다는 점에 기인하여 높은 고형분 함량에서도 표면사이징 공정에

적용될 수 있는 전분의 제조나 적용 방법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. Lipponen등²⁾은 파일럿 머신으로 표면사이징 공정에서 적용되는 전분의 고형분 함량을 달리하여 적용하였고, 이 때 픽업량과 건조도를 일정하게 조절함으로써 결과적으로 건조 요구량이 감소되었음을 이야기한 바 있다.

본 연구에서는 전분의 고형분 함량 감소에 따라 건조에너지 요구량이 감소되는 것을 실험실적으로 측정하고자 하였으며 표면사이징된 지필의 건조도 변화를 실시간적이고 직접적으로 파악하고자 하였다. 이를 통하여 전분 호액의 고형분을 증가시킴으로써 얻을 수 있는 에너지 절감 효과를 나타내고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

실험에 사용한 표면사이즈용 전분은 고형분 함량 10%, 온도 50℃ 조건에서 Brookfield 점도계로 측정하였을 때 각각 8.8 cps, 11.2 cps로 측정되는 점도 특성을 가진 산화전분 2종을 선정하여 사용하였다. 실험에 사용한 원지는 BKP 펄프로 제조된 평량 86 g/m²의 표면사이징용 원지를 사용하였다.

Table 1. Brookfield viscosity through solids contents of starch solution at 50℃

Starch	A			B		
	10	12	14	10	12	14
Solids content, %	10	12	14	10	12	14
Brookfield Viscosity, cPs	8.8	15.3	21.8	11.2	14.8	20.9

2.2 실험방법

지필의 건조도 변화와 수분 증발량을 구하는데 중점을 두었다. 원지에서 6 cm × 6 cm 크기로 종이를 절단한 후 내열성 점착제가 도포된 알루미늄 플레이트 위에 부착시켜 건조도 변화를 측정하는 샘플로 사용하였다. 샘플을 알루미늄 플레이트에 부착시키

표면사이징 전분 농도에 따른 지필 건조도 변화

는 이유는 샘플이 함수율 측정기 내에서 건조될 시 한 면에만 물이 도포되어 쉰이 지는데 이로 인하여 수분 증발이 국부적으로 불균일해지는 것을 방지하기 위함이다. 알루미늄 플레이트로 인한 표면사이징제 도포량 오차가 없도록 플레이트는 최소 두께를 지닌 것을 사용하였다(두께 50 μm).

잘라내었던 샘플을 원지에서 잘라내었던 위치에 다시 끼워넣은 뒤 Rod코터에서 실험실적 방식으로 표면사이징 후 빠르게 샘플을 빼내어 5초 단위로 무게 변화가 측정되는 함수율 측정기에 넣고 110 $^{\circ}\text{C}$ 온도로 열을 가하는 조건에서 무게 변화를 측정하였다. 실험 방법에 대한 모식도를 Fig. 1에 나타내었다. 표면사이징은 50 $^{\circ}\text{C}$ 온도의 전분 호액을 단면 3 g/m^2 수준으로 도포하여 실시하였다.



Fig. 1. Flow chart of the measurement on dryness of surfaced sized paper.

3. 결과 및 고찰

3.1 전분 농도에 따른 이론적인 건조에너지 요구량 산출

종이의 전분 도포량과 도포한 전분 호액의 농도를 알고 있다면 이론적으로 최종적인 수분 증발량을 계산할 수 있다. Fig. 2는 전분 도포량이 3 g/m^2 이라고 가정하였을 시 예측 가능한 수분 증발량 모델 및 전분 호액 농도에 따른 이론적인 건조에너지 저감량을 나타낸 그림이다. 그래프의 형태는 전건 상태일 때를 가정한 계산값에 의거하여 최종 수분 증발량을 결정하고 시간에 따른 변화 형태는 실험 데이터의 평균값을 바탕으로 유추하여 결정하였다. 초기에는 표면에 있는 물이 건조에너지를 받으면서 급격하게 증발하고 시간이 지나 종이 섬유나 전분 분자와 수소 결합을 하고 있는 수분들이 에너지를 받아 증발하는 시기가 되면서 시간 당 증발량은 감소하기 시작한다. 종이가 전건 되기까지는 섬유 공극 내의 수분까지 에너지를 받아 증기화 되어 종이 밖으로 빠져나오는 과정이 필요하므로 그래프의 기울기가 급격하게 낮아진다. 전건 상태를 기준으로 고형분 함량이 12%인 조건에서는 10%인 조건에서보다 필요 증발량이 18.5% 낮고 14%인 조건에서는 31.8% 낮은 것으로 계산된다. 즉, 건조에너지 요구량이 그만큼 적다고 볼 수 있다.

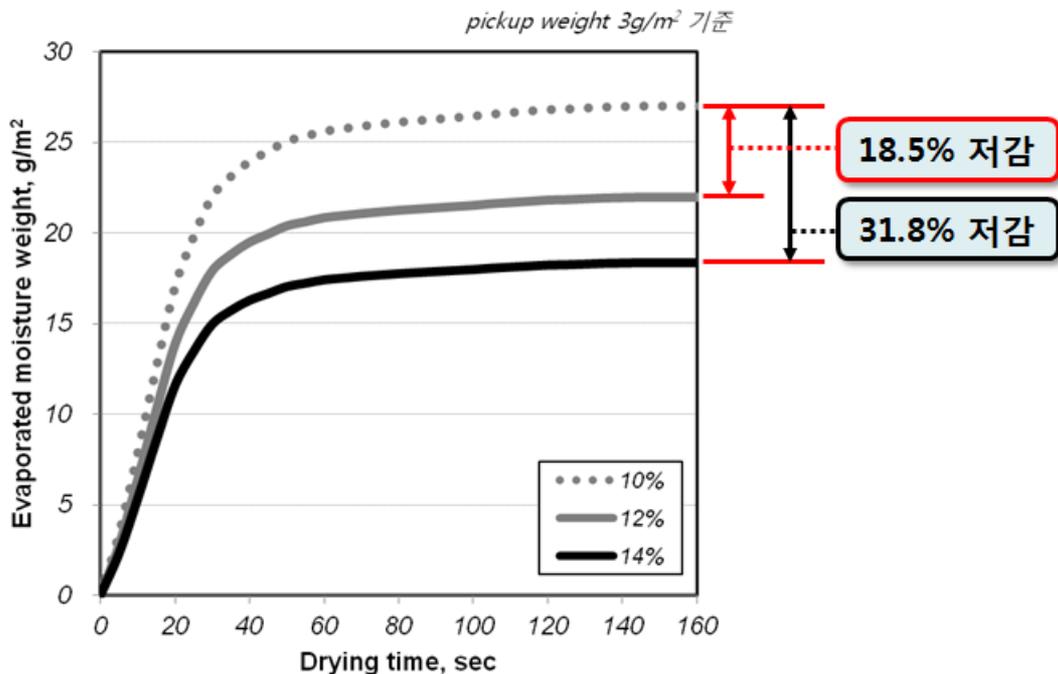


Fig. 2. The theoretical estimation of evaporated moisture weight.

표면사이징 전분 농도에 따른 지필 건조도 변화

Fig. 3은 표면사이징된 지필의 시간에 따른 건조도 변화를 나타낸 그래프이다. 건조도가 92%일 때의 기울기를 구하여 해당 건조도에 도달하기까지의 시간을 우측에 따로 나타내었다. 전분호액의 고형분 함량이 증가할수록 지필의 초기 건조도가 상승하며 이로 인하여 전분 호액에 함유된 수분이 증발하여 특정 건조도에 이르기까지의 시간도 감소한다.

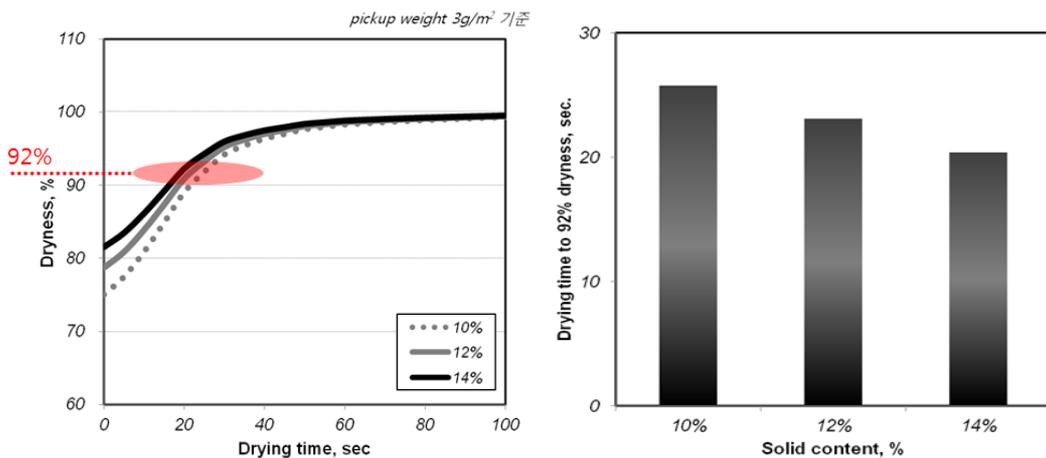


Fig. 3. The theoretical estimation of dryness through drying time & drying time to 92% dryness.

3.2 전분 농도에 따른 건조에너지 요구량 측정

Fig. 4는 표면사이징된 종이로부터 수분의 증발량 추이를 수분 증발량 측정 결과 중 최대값을 100으로 설정하여 나타낸 그래프이다. 원지의 함수율은 동일하므로 증발된 수분량의 차이는 표면사이징된 전분 호액의 고형분 농도에 기인한다. 고형분 농도 10%인 조건과 14%인 조건 간 측정된 최종값의 차이는 15 - 18% 정도의 감소하는 것으로 나타나 이론적으로 계산한 값의 차이보다 적었다. 이는 실험 중 샘플이 함수율 측정기로 이동하는 동안 자연 증발된 수분으로 인한 오차로 생각된다.

Fig. 5에는 수분 증발량을 토대로 계산한 종이의 함수율 변화를 나타내었다. 타원으로 표시된 지점이 함수율 8%, 즉 건조도 92%에 해당하는 지점이며 이에 도달하는 시간을 계산하여 Fig. 6에 도시하였다. 실제 측정결과와 경향은 이론적으로 계산된 값과

유사한 경향을 보였지만 고형분 증가에 따라 발생하는 건조속도의 차이는 이론값에 비하여 작게 나타났다. 이는 고형분이 증가함에 따라 나타나는 건조촉진 효과가 이론적인 측면과는 다르다는 것을 의미한다. 고형분 함량이 증가하면 단위 부피 당 전분의 총 분자량 또한 상승하므로 이는 전분과 물분자 간 상호 작용이 증가한다. 즉 전분의 보수성 향상에 따라 전분호액 필름의 건조특성은 저하되는 것이라 판단된다.

전분 특성 간 차이를 보면 거의 같은 점도를 보임에도 불구하고 B가 A에 비해 월등히 좋은 건조특성을 보였다. 이는 두 전분의 지필 내 침투성이 상이하였기 때문에 나타난 현상이 아닌가 판단된다. 즉 전분 호액의 침투성이 증가할수록 지필 내부로부터 외부로 증발되어 나와야 하기 때문에 건조에 어려움은 증가할 것이며 이것이 건조시간의 변화를 유발할 것이기 때문이다.

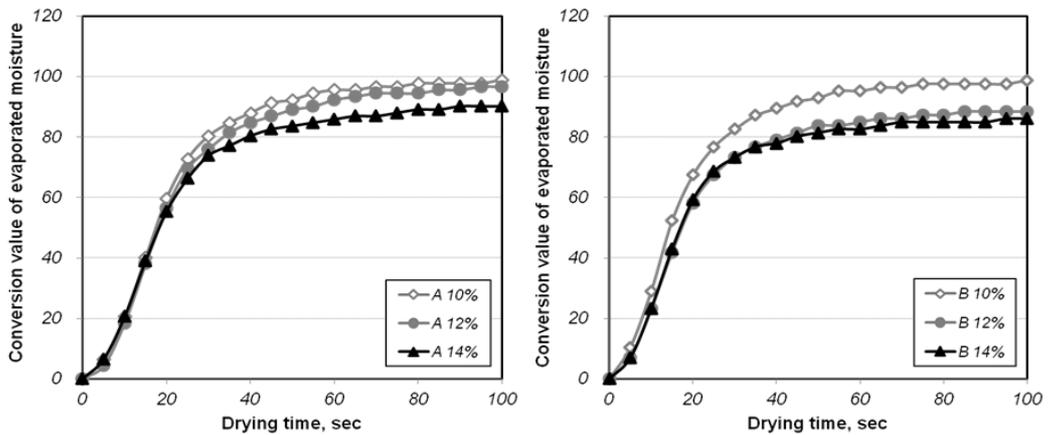


Fig. 4. The conversion value of evaporated moisture on surface sized paper at 50°C starch solution.

표면사이징 전분 농도에 따른 지필 건조도 변화

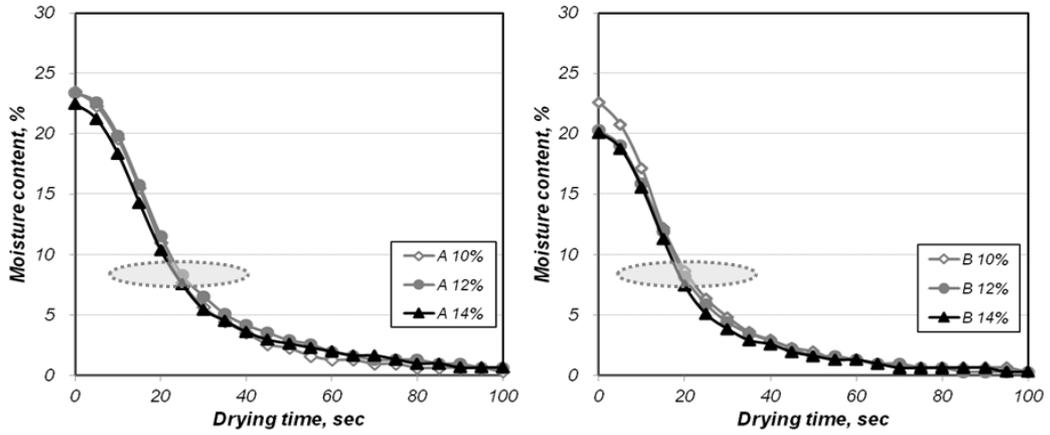


Fig. 5. Variation of moisture content on surface sized paper at 50°C starch solution.

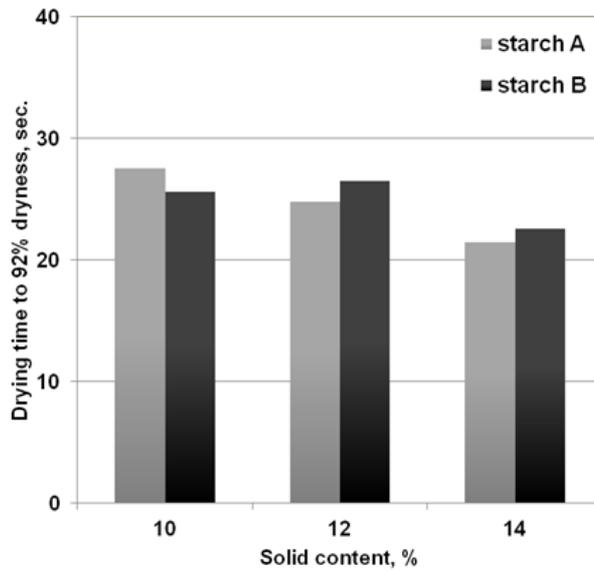


Fig. 6. The drying time to 92% dryness at 50°C starch solution.

4. 결 론

표면사이징 기술은 그 효과로 인하여 제지 공정에서 널리 사용되고 있으나 수분이 상당히 빠져 나간 지필에 표면사이즈제를 재도포함으로 인하여 추가적인 건조에너지를 소모하게 된다. 표면사이징 되는 진분 호액의 고형분 함량을 높임으로써 지필에 도포되는 물의 양을 감소시키면 필요한 건조에너지 양이 줄어들 것이라 기대할 수 있다. 본 연구에서는 실험실용 Rod코터와 함수율 측정기를 이용하여 표면사이징 진분 호액의 고형분 함량에 따른 지필의 건조도 변화를 측정하였으며, 고형분 함량 증가에 따라 지필 건조도가 상승하므로 건조에너지 요구량이 감소되고 건조 시간이 짧아짐을 실험적으로 확인하였다. 반면에 자연적으로 증발되는 수분량 및 진분 필름의 건조 특성 변화로 인하여 이론적인 값에 비하여 고형분 함량 조건에 따른 증발량 및 건조 시간 감소 폭은 줄어드는 점 또한 확인하였다. 결론적으로 표면사이즈제의 높은 고형분 함량 조건 적용은 건조에너지 저감 면에서 탁월한 효과를 보일 것이라 생각된다.

사 사

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제임. (No.2010T100200472)

인용문헌

1. Pikulik, I. I., Surface sizing of wet webs, Sizing application without size press, Sizing USA Conference, Pira, 2004.
2. Lipponen, J., Grön, J., Bruun, S.-E., Laine, T., Surface sizing with starch solutions at solids contents up to 18%, J. of pulp and paper science 30(3):82(2004).