

백상지 공정 폐쇄화에 따른 백수 내 산화전분의 축적 현상에 관한 연구 (제2보)

—파지혼합비율 및 표면사이징 픽업량 변화의 영향—

안현견* · 이학래†

(2004년 3월 27일 접수: 2004년 7월 30일 채택)

A Study on the Accumulation Phenomena of Oxidized Starch in White Water of Closed Fine Papermaking Process (Part 2)

—Effect of broke use ratio and surface sizing pick up—

Hyun Kyun Ahn* and Hak Lae Lee†

(Received on March 27, 2004; Accepted on July 30, 2004)

ABSTRACT

Reduction of fresh water consumption and effluent discharge provide diverse advantages in raw materials and energy savings. Papermaking system closure, however, reduces the efficiency of additives, decreases retention and dewatering, and causes many other problems in papermaking. Accumulation of inorganic and organic substances in the process white water is the prime cause of these problems. Understanding of the accumulation phenomena of the detrimental substances in the papermaking process is of great importance for papermaking system closure. In this study a process simulation method was employed to analyze the accumulation phenomena of anionic starch in the process white water as the reuse rate of dry broke and pick up of surface sizing agent is increased. Steady state simulation studies were carried out based on the model developed in previous study. The variation of dissolved starch concentration in each process unit was monitored as a function of reuse rate of dry broke and surface sizing agent pick up rate. The result

◦ 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과 (Department of Forest Products, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Republic of Korea)

* 현주소: 신무림제지주식회사

† 주저자(Corresponding author) : E-mail: lhakl@snu.ac.kr

showed that dissolved starch concentration increased as reuse rate of dry broke and surface sizing agent pick up rate was increased.

Keywords: process simulation, closure, dry broke, surface sizing, oxidized starch

1. 서론

제지공정의 폐쇄화는 청수 사용량과 폐수 방류량을 감소시킬 뿐만 아니라 주부원료의 절감, 에너지 절감 등의 경제적 이익을 주기도 하지만 첨가제의 기능저하, 이에 따른 보류 및 탈수성의 저하, 펄프 막힘, 공정부식, 제품의 품질저하, 슬라임 및 악취 발생, 진공효율 감소 등의 문제를 야기하기도 한다.¹⁾ 이러한 공정상의 제반 문제들은 주로 공정 백수 내에 누적되는 무기이온과 유기물질에 의해 유발된다.²⁻⁶⁾ 이를 해결하기 위해서는 이러한 물질의 백수 내 축적을 방지하거나 그 저해 효과를 최소화하는 기술이 필요하다. 이러한 접근이 성공을 거두기 위해서는 문제의 원인인 백수 내 누적되는 무기이온 및 유기물질의 축적 양을 예측하는 것이 무엇보다도 중요하다.

이러한 문제에 대한 해답을 얻기 위해 공정 시뮬레이션 방법을 활용할 수 있다.^{7,8)} 이는 공장이나 실험실의 여러 정보와 물리·화학적 법칙을 종합하여 합리적 가정을 세워 수학적 모델을 만든 후 수치해석법으로 공정의 변화를 계산하는 방법이다.

본 연구는 공정 시뮬레이션 방법을 이용하여 백상지 공정의 표면사이징용 산화전분의 축적현상을 평가하였다. 특히 백상파지 혼합비율 변화와 표면사이징용 산화전분의 픽업량 변화, 그리고 전분 흡착율 변화에 따른 백수 내 산화전분 축적을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공정 모델

본 연구에 사용된 백상지 공정 모델은 제1보와 같다.⁹⁾ 또 지료 구성성분 및 산화전분 흡착 특성 등도 모두 전보에 보고한 것과 같다고 가정하였으며 분석법도 동일한 방식을 활용하였다.

공정의 폐쇄화는 순간적인 공정의 변화가 아니라 일단 목표한 폐쇄화 수준에 도달하면 장시간 유지되는 공정 상태를 의미한다. 본 연구에서는 장기적인 공정관리 측면에서 고려할 수 있는 공정의 변화로 백상파지 혼합비율, 전분 흡착율, 표면사이징 양을 설정하였고, 이들 변수에 변화에 의한 공정의 변화를 정상상태 시뮬레이션을 통해 고찰하였다. 본 연구에서는 상용 시뮬레이터인 Aspen Tech사의 Aspen Custom Modeler™ 10.2를 이용하였다. 공정과 분석 기법에 관한 자세한 사항은 전보에 설명된 바와 같다.⁹⁾

3. 결과 및 고찰

3.1 백상파지 혼합비율 변화에 따른 백수 내 산화전분 축적

백상파지 혼합비율 변화에 따른 산화전분의 축적 현상을 파악하기 위하여 백상파지 혼합비율을 0.1%에서 30% 범위에서 변화시키면서 정상상태 시뮬레이션을 실시하였다. 이때 나머지 변수들은 기본 값, 즉 와이어 샤프의 백수 사용률은 50%, 표면사이징 양은 3 g/m², 그리고 전분 흡착율은 20%로 설정하였다.

그 결과는 Figs. 1~6에 도시하는 바와 같았다. Fig. 1에는 공정 전체의 유입 및 유출 유량의 변동을 도시하였다. 도시한 바와 같이, 백상파지 혼합비율이 증가함에 따라 펄프와 충전물의 유입 유량이 감소하였다.

충전물의 유입 유량 감소는 공정 전체의 충전물의 물질수지로 설명할 수 있다. 공정 전체의 충전물의 질량유량 변화를 Fig. 2에 도시하였다. 백상파지 혼합비율의 증가에 따라 백상파지를 통해 유입되는 충전물의 질량유량은 증가하였지만, 충전물 유입 stream을 통해 유입되는 충전물의 질량유량은 감

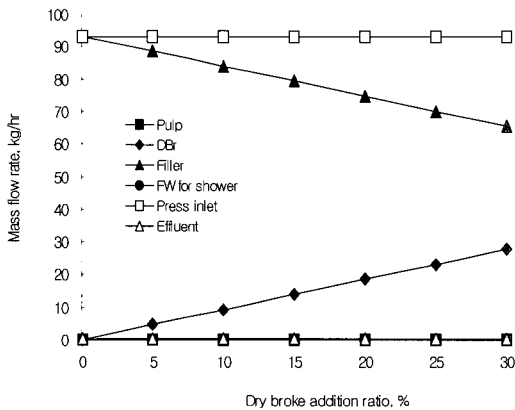


Fig. 1. The variation of mass flow rate of filler in process inlet and outlet streams as a function of dry broke addition ratio.

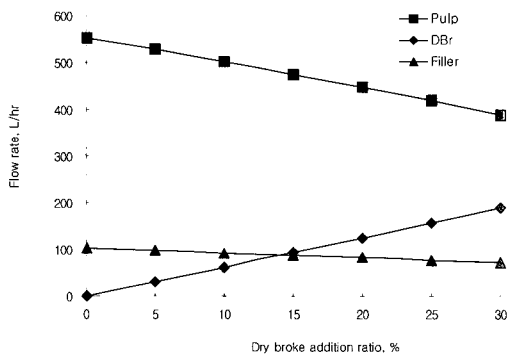


Fig. 2. The variation of flow rate of stream Pulp, DBr and Filler as a function of dry broke addition ratio.

소하였다. 또한 프레스 입구의 충전물 질량유량은 일정한 수준을 유지하였고, 펄프와 와이어 샤워의 청수는 0.0 kg/hr이었으며, 폐수처리장 유입 백수의 충전물 질량유량 변화는 거의 없었다. 이는 프레스 입구의 충전물의 함량은 종이의 충전물 함량이 15%로 일정하다고 가정하였기 때문에 항상 일정하게 유지된 것이며, 펄프와 청수의 경우 충전물을 포함하고 있지 않다고 가정하였기 때문에 이들의 충전물 질량유량은 항상 0.0 kg/hr이다. 또한 폐수처리장 유입 백수 농도가 0.006%로 낮으니까 백상파지의 혼합비율 증가에 따른 유량 변동이 적기 때문에 폐수처리장 유입 백수의 충전물 질량유량 변화는 미미한 수준이었다.

이러한 결과는 백상파지 혼합비율의 증가로 인

해 충전물의 유입량은 증가하였으나 유출량은 거의 변화가 없었다는 것을 의미하기 때문에 충전물의 또 다른 유입구인 충전물 유입 stream의 유량은 감소하게 된 것이다.

펄프의 유입 유량의 변화는 충전물 stream의 유입 유량 감소와 이에 따른 팬 펌프, 실핏, 습부파지 체스트, 그리고 펄프 슬러리 저장조의 유량 변화와 관련이 있다. 즉 팬 펌프에서는 3.2%의 치료와 20%의 충전물이 혼합되며, 여기에 농도 0.125%의 사일로로 백수가 혼합되어 치료 농도가 0.6%가 되도록 조절된다. 이 과정에서 충전물의 유입 유량이 감소하면 희석에 사용하는 사일로 백수의 첨가량도 그만큼 감소하게 된다. 팬 펌프로 유입되는 사일로 백수의 유량이 줄어들면 사일로 overflow의 양이 증가하기 때문에 사일로 overflow가 유입되는 실핏 출구 유량도 그만큼 증가하며 이와 동시에 실핏의 농도도 증가하게 된다.

실핏의 농도가 증가하면 PDF를 통해 회수되는 섬유유의 유량도 함께 증가하게 되므로 회수된 섬유유가 유입되는 습부파지 체스트의 유량도 증가한다. 습부파지 체스트에서는 쿠치의 edge trim도 함께 유입되는데, 종이 생산량과 표면사이징 양이 일정하기 때문에 edge trim의 유입 유량은 백상파지 혼합비율이 증가하여도 항상 일정하게 유지된다. 따라서 습부파지 체스트의 출구 유량은 PDF에서 회수된 섬유유의 유량 증가량만큼 증가하게 된다.

또한 백상파지의 혼합비율을 혼합조 출구 유량에 대한 건조파지 체스트 출구 유량의 비율로 정의하였기 때문에 백상파지 혼합비율이 증가하면 혼합조에 혼합되는 또 다른 stream인 펄프 슬러리 저장조와 습부파지 체스트 출구의 유량의 합은 감소하여야 한다. 그런데 습부파지 체스트의 유량이 증가하였기 때문에 펄프 슬러리 저장조의 유량은 감소하여야 한다. 펄프 슬러리 저장조의 유량은 펄프의 유입 유량과 비례하므로 펄프의 유입 유량 역시 증가한다.

이상에서 본 바와 같이, 펄프의 유입 유량은 백상파지 혼합비율이 증가함에 따라 여러 단위공정의 유량 변화에 의해 감소하게 된 것이다.

앞에서 본 바와 같이 백상파지 혼합비율 증가로 공정의 유입 stream의 유량은 변하지만 유출

stream의 유량은 변하지 않거나 미소하게 변하였다. 이는 와이어 샤프의 백수 사용률만을 증가시켰을 경우에 유출 stream의 유량만이 변한 것과는 반대 경향으로 공정 내 용존 산화전분의 농도 변화 경향도 다르다는 것을 의미한다.

백상파지에는 산화전분이 포함되어 있어서 백상파지 혼합비율을 증가시키면 유입되는 산화전분의 양도 증가하게 된다. 또한 산화전분 유입 유량이 증가하므로 유출되는 산화전분의 양도 증가하여야 하므로 유출 stream인 프레스 입구와 폐수처리장 유입 백수의 전분 질량유량은 증가한다. 또한 프레스 입구와 폐수처리장 유입 백수의 유량의 변화가 거의 없기 때문에 용존 산화전분 농도가 증가해야 한다.

이러한 경향은 Figs. 3과 4에서 확인할 수 있다. Figs. 3과 4는 백상파지 혼합비율 변화에 따른 공정의 유출 stream의 용존 산화전분 질량유량의 변화와 용존 산화전분 농도의 변화를 각각 도시한 것이다.

도시된 바와 같이 공정의 유출 stream의 용존 산화전분의 질량유량과 용존 산화전분 농도는 백상파지 혼합비율의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 여기서 용존 산화전분의 질량유량과 용존 산화전분 농도가 우 상향 곡선의 형태로 증가하는 것은 프레스 입구의 흡착 및 용존 산화전분의 질량유량 증가가 백상파지의 산화전분 유입량도 증가시키기 때문이다. 즉 표면사이징 양은 3 g/m^2 로 일정하게 유지된다는 점에서 백상파지 혼합비율과 유입 산화전분의 질량유량과는 비례관계를 나타내야 하지만, 본 연구에서는 종이와 백상파지의 성분 조성이 같다고 가정하였기 때문에 프레스 입구를 통과하는 습지필의 흡착 및 용존 산화전분의 양이 증가하면 백상파지 내의 산화전분의 양도 그만큼 증가하게 된다. 이 때문에 백상파지 혼합비율의 증가는 프레스 입구를 통해 유출되는 산화전분의 양을 증가시키면서 동시에 백상파지의 산화전분 함량도 증가시킨다. 백상파지의 산화전분 함량은 백상파지 혼합비율이 증가함에 따라 증가량이 커지기 때문에 Figs. 3과 4에서 보는 바와 같은 경향이 나타난다.

Fig. 3에서 프레스 입구의 용존 산화전분 질량유량은 폐수처리장 유입 백수보다 작는데, 이는 프레

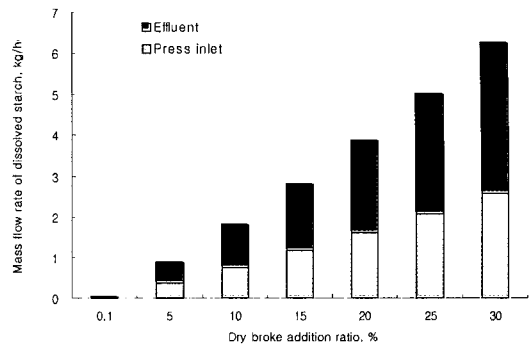


Fig. 3. The variation of mass flow rate of dissolved starch in stream Press inlet and stream Effluent as a function of dry broke addition ratio.

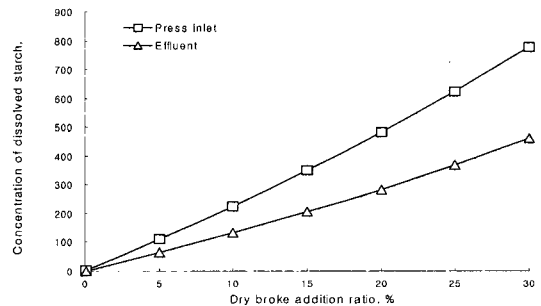


Fig. 4. The variation of dissolved starch concentration in stream Press inlet and stream Effluent as a function of dry broke addition ratio.

스 입구의 유량(3,315 L/hr)이 폐수처리장 유입 백수의 유량(7,995 L/hr)의 1/2 이하이기 때문인데, 유량의 차에 비해 용존 산화전분의 질량유량 차이가 적은 이유는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 폐수처리장 유입 백수의 용존 산화전분 농도가 프레스 입구보다 낮기 때문이다.

Fig. 5는 공정의 각 단위공정의 용존 산화전분 농도를 도시한 것이다. 도시한 바와 같이 모든 단위공정의 용존 산화전분 농도는 Fig. 4와 같이 백상파지 혼합비율이 증가할수록 증가하며 그 증가량도 점점 커지는 경향을 나타내었다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 백상파지 혼합비율의 변화는 공정의 유입 stream의 유량만 변화시킬 뿐 유출 stream의 유량은 거의 변화시키지 않는다. 이 때문에 모든 공정의 용존 산화전분의 농도는 백상파지 유입유량 증가에 따른 산화전분 유입양의

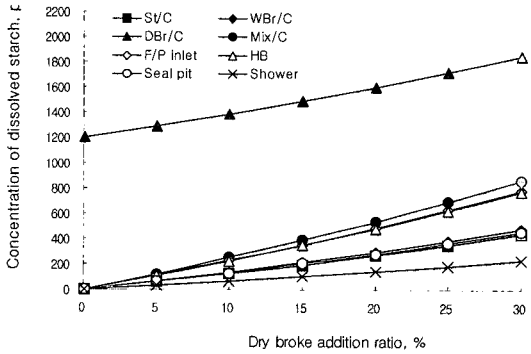


Fig. 5. The variation of dissolved starch concentration in the process units as a function of dry broke addition ratio.

증가량만큼 증가하였다. 다시 말해, 백상파지 혼합 비율 증가에 따른 공정 전체의 용존 산화전분 농도 변화는 산화전분의 유입량의 변화에 의해 주도되는 변화라고 말할 수 있다.

3.2 표면사이징 양 변화에 따른 백수 내 산화전분 축적

와이어 샤프의 백수 사용률, 백상파지 혼합비율, 그리고 전분 흡착율은 기본 값인 50%, 15%, 20%로 각각 설정한 상태에서 표면사이징 양만을 변화시켜 가면서 정상상태 시뮬레이션을 실시하였다.

그 결과는 Figs. 6~12에서 보는 바와 같다. Fig. 6은 표면사이징 양에 따른 공정의 유입 및 유출되는 stream의 유량을 도시한 것이다. 도시한 바와 같이, 표면사이징 양이 증가할수록 청수의 유입 유량은 변하지 않았으나 폐수처리장 유입 백수의 유량은 거의 직선적으로 증가하였고, 나머지는 감

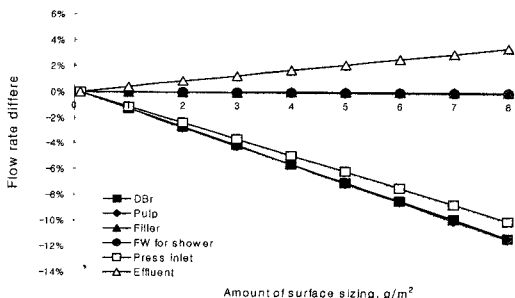


Fig. 6. The variation of flow rate difference in process inlet and outlet streams as a function of surface sizing amount.

소하는 경향을 보였다.

표면사이징 양이 증가함에 따라 청수의 유입 유량이 일정한 것은 표면사이징의 양의 변화가 청수의 유량과 무관하기 때문이다. 또한 프레스 입구의 유량과 질량유량이 감소한 것은 평량은 일정한데 표면사이징 양이 증가하였으므로 생산된 종이 내의 섬유와 충전물의 구성비율이 감소하였고, 이에 따라 프레스 입구를 통과하는 지료의 질량유량도 감소하였기 때문이다.

충전물의 경우 종이의 회분 함량이 15%로 일정하다고 가정하였기 때문에 프레스 입구를 통해 유출되는 충전물의 질량유량은 일정하다. 따라서 프레스 입구의 질량유량 감소는 프레스 입구의 섬유와 미세섬유의 질량유량 감소를 의미한다. 프레스 입구를 통해 유출되는 섬유와 미세섬유의 질량유량 감소는 펄프, 백상파지, 충전물의 유입 유량을 변화시킨다.

프레스 입구를 통해 유출되는 섬유와 미세섬유의 질량유량이 감소하였기 때문에 이들이 유입되는 stream인 펄프와 백상파지 stream의 유량이 감소한다. 백상파지 혼합비율은 변화시키지 않았기 때문에 펄프 stream과 백상파지 stream의 유량은 동일한 비율로 감소하게 된다. 백상파지 stream의 유량이 감소하면 충전물과 미세섬유의 유입 유량이 감소한다. 프레스 입구를 통해 유출되는 충전물의 질량유량은 일정한데 반해 백상파지를 통해 유입되는 충전물의 질량유량이 감소하기 때문에 충전물의 또 다른 유입구인 충전물 stream의 유량은 증가하게 된다.

또한 펄프와 백상파지의 유입 유량이 감소함에 따라 이들의 희석에 사용되는 백수의 유량이 감소한다. 이는 재활용되는 백수의 유량을 감소시켜 폐수처리장 유입 백수의 유량을 증가시킨다.

Fig. 7은 표면사이징 양에 따른 충전물과 폐수처리장 유입 백수의 충전물 질량유량 증가량의 변화를 나타낸 것이고, Fig. 8은 미세섬유 질량유량 증가량의 변화를 도시한 것이다.

충전물의 경우, 충전물 유입 유량과 폐수처리장 유입 백수의 질량유량이 표면사이징 양의 증가에 따라 직선적으로 증가함을 볼 수 있다. 충전물 stream의 질량유량의 증가 원인은 전술한 바와 같

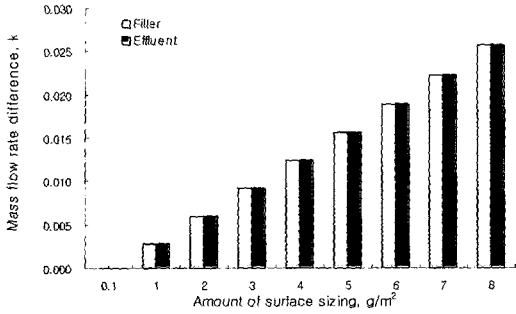


Fig. 7. The variation of mass flow rate difference of filler of stream Effluent and stream Effluent as a function of surface sizing amount.

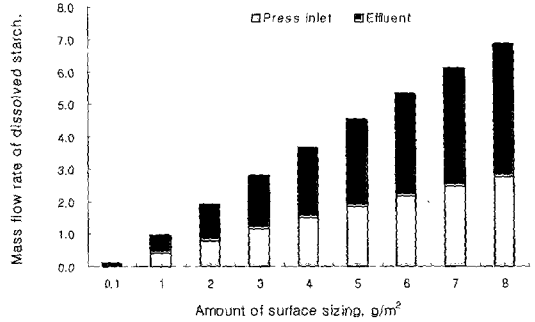


Fig. 9. The variation of mass flow rate of dissolved starch in stream Press inlet and stream Effluent as a function of surface sizing amount.

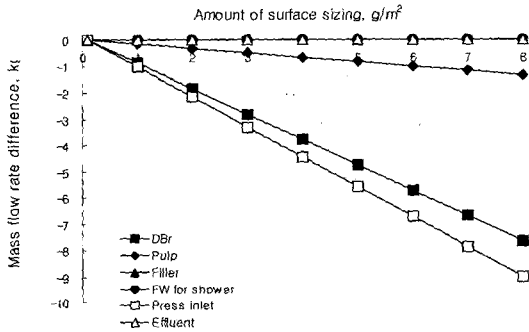


Fig. 8. The variation of mass flow rate difference of fiber fines in process inlet and outlet streams as a function of surface sizing amount.

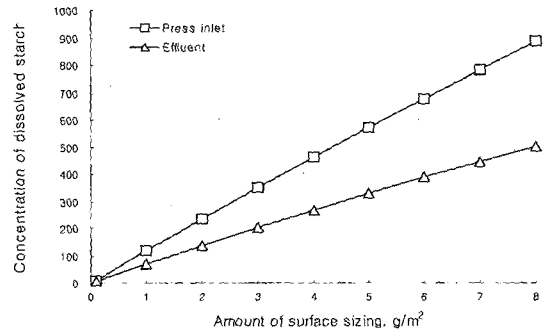


Fig. 10. The variation of dissolved starch concentration in stream Press inlet and stream Effluent as a function of surface sizing amount.

이 프레스 입구를 통해 계 외로 방출되는 충전물의 질량유량은 일정한데 반해 백상파지를 통해 유입되는 충전물의 질량유량이 감소하기 때문이며, 폐수 처리장 유입 백수의 충전물 질량유량 증가 원인은 폐수처리장 유입 백수의 유량 증가에 따른 것이다.

미세섬유의 경우, 표면사이징 양이 증가하면서 프레스 입구의 지료의 질량유량이 감소하지만 지료의 충전물 함량은 상대적으로 증가하기 때문에 백상파지와 펄프의 유입유량 감소량은 충전물의 유입 유량 감소량 보다 커졌다. 또한 프레스 입구를 통과하는 지료의 충전물 함량 증가는 미세섬유 함량을 감소시키는데, 이는 종이와 백상파지의 조성비가 같다는 가정 때문에 백상파지의 미세섬유 함량을 감소시킨다. 이에 따라 백상파지의 미세섬유 질량 유량의 감소량은 펄프보다 증가하는 결과를 나타내

었다.

Figs. 9와 10는 각각 표면사이징 양에 따른 프레스 입구와 폐수처리장 유입 백수의 용존 산화전분 질량유량과 용존 산화전분 농도의 변화를 도시한 것이다.

두 stream 모두 표면사이징 양의 증가에 따라 용존 산화전분 질량유량과 용존 산화전분 농도가 증가하였다. 이는 표면사이징 양의 증가로 인해 계 내로 유입되는 산화전분의 질량유량이 증가하기 때문에 생기는 현상이다.

또한 용존 산화전분 질량유량과 용존 산화전분 농도의 증가율은 표면사이징 양의 증가에 따라 감소하였는데 폐수처리장 유입 백수의 경우가 감소폭이 더 컸다. 이는 표면사이징 양의 증가에 따라 전공정의 지료의 유량은 감소하지만 와이어 샤워수의

유량은 일정하게 유지되기 때문에 생기는 현상이다. 즉, 표면사이징 양의 증가로 인해 프레스 입구의 지료 유출 유량이 감소함에 따라 approach 시스템과 와이어 파트의 stream의 유량이 감소하는데, 이는 진공부에서 탈수된 백수와 사일로 overflow의 유량 감소도 수반한다. 실핏에 유입되는 유량 중 진공부에서 탈수된 백수와 사일로 overflow의 유량은 감소하지만 와이어 샤워수의 유량은 변하지 않는다. 와이어 샤워를 통해 실핏으로 유입되는 청수의 유량은 일정한 반면, 나머지 stream의 유량은 감소하므로 전체 유입유량에 대한 청수의 비율이 증가한다. 이 때문에 백수의 용존 산화전분 농도는 표면사이징 양이 증가에 함에 따라 그 증가량이 감소하게 된 것이다.

파지처리 시스템과 approach 시스템, 그리고 와이어 파트의 경우, 프레스 입구의 유량 감소하면 이들 시스템에 포함된 모든 stream들의 유량이 감소한다. 표면사이징 양이 증가하면 유입되는 산화전분의 양이 증가하는 것과 동시에 이들 시스템에 포함된 모든 stream의 유량이 감소하므로 이들 시스템의 모든 stream들의 용존 산화전분 농도의 증가량은 증가해야만 한다.

그러나 지료 희석에 다량으로 사용되는 백수의 용존 산화전분 농도의 증가량이 감소하기 때문에 이들 stream들의 용존 산화전분 농도 증가량의 증가는 백수의 산화전분 농도 증가량 감소에 의해 상쇄되었어 오히려 증가량이 감소하는 경향을 보였다.

이는 표면사이징 양 변화에 따른 각 단위공정의 용존 산화전분 농도와 표면사이징 양이 0.1 %일 때의 용존 산화전분 농도에 대한 각 표면사이징 양에서의 용존산화전분 농도의 비율 변화를 각각 도시한 Figs. 11-12에서 확인할 수 있다.

Fig. 11에서 보는 바와 같이, Fig. 10에서와 마찬가지로 표면사이징 양의 증가에 따라 모든 공정의 용존 산화전분 농도는 증가하는 것을 볼 수 있으며, Fig. 12에서 보는 바와 같이 실핏과 백수의 희석에 직접인 영향을 받는 펄프 슬러리 저장조, 습부파지 체스트, 그리고 와이어 샤워수의 용존 산화전분 농도 증가량의 감소폭이 백상파지가 이송되는 라인에 있는 혼합조, 팬펌프, 그리고 헤드박스보다 크며, 표

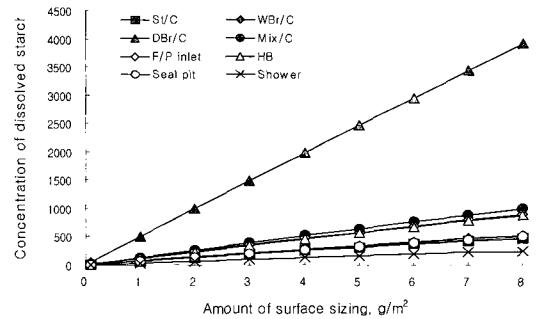


Fig. 11. The variation of dissolved starch concentration in the process units as a function of surface sizing amount.

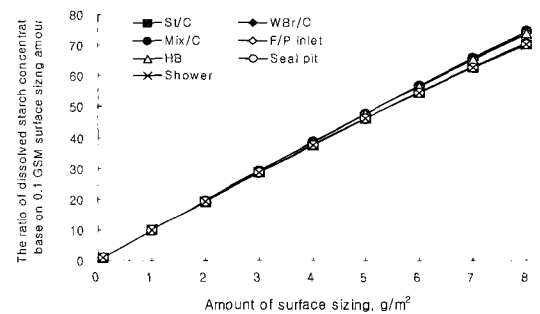


Fig. 12. The variation of dissolved starch concentration ratio in the process units base on 0.1% surface sizing amount as a function of surface sizing amount.

면사이징 양이 증가할수록 차이가 점점 커지고 있음을 알 수 있다.

전분 흡착율 변화에 따른 백수 내 산화전분 축적 와이어 샤워의 백수 사용률, 백상파지 혼합비율, 그리고 표면사이징 양을 각각 50%, 15%, 3/m²로 설정한 상태에서 전분 흡착율만을 변화시켜 가면서 정상상태 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과는 Figs. 13-16에서 보는 바와 같다.

Fig. 13은 전분 흡착율 변화에 따른 공정에서 유출되는 stream의 용존 산화전분의 질량 유량을 도시한 것이다. 도시한 바와 같이, 전분 흡착율이 증가할수록 프레스 입구와 폐수처리장 유입 백수의 용존 산화전분 농도는 거의 직선적으로 감소하였다. 이는 Fig. 14에서 도시한 바와 같이 용존 산화전분 농도의 변화와도 경향이 일치한다.

또한 Fig. 15에서는 전분 흡착율 변화에 따른 공

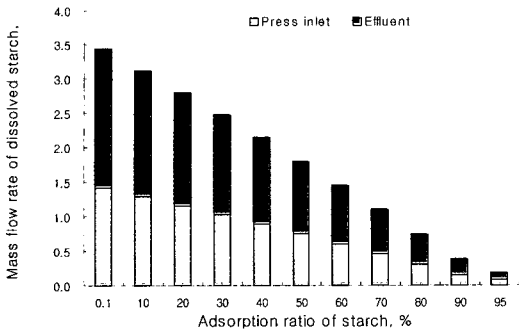


Fig. 13. The variation of mass flow rate of dissolved starch in stream Press inlet and stream Effluent as a function of adsorption ratio of starch.

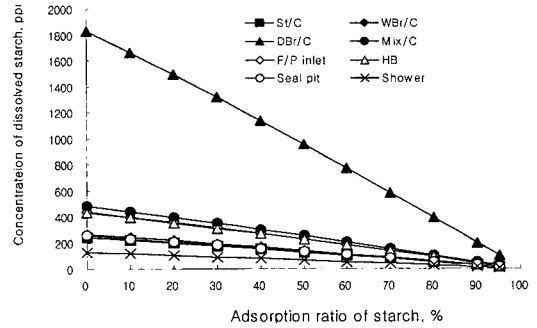


Fig. 15. The variation of dissolved starch concentration in the process units as a function of adsorption ratio of starch.

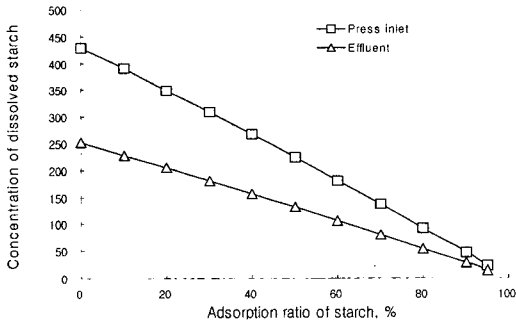


Fig. 14. The variation of dissolved starch concentration in stream Press inlet and stream Effluent as a function of adsorption ratio of starch .

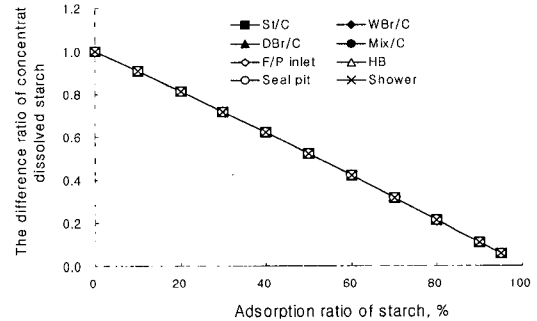


Fig. 16. The variation of difference ratio of dissolved starch concentration in the process units as a function of adsorption ratio of starch.

정 내 각 stream의 용존 산화전분 농도 변화를 도시 하였다. 도시된 바와 같이 용존 산화전분의 농도는 전분 흡착율이 높아질수록 거의 직선적으로 감소하고 있다. Fig. 16은 전분 흡착율 변화에 따른 공정 내 각 stream의 용존 산화전분 농도 증가율을 도시한 것이다. 여기서 용존 산화전분 농도 증가율은 전분 흡착율이 0.1%일 때의 용존 산화전분 농도에 대한 각 전분 흡착율에서의 용존 산화전분 농도의 비로 표시하였다. 도시된 바와 같이 모든 stream의 용존 산화전분 농도 증가율은 같았다.

위와 같은 결과가 나온 것은 전분 흡착율 변화는 공정의 전체의 유량 변화에 영향을 주지 않기 때문이다. 즉 전분 흡착율의 증가에 따라 건조파지 체스트에서 공정으로 유입되는 용존 산화전분의 질량유량은 감소하지만 공정 전체의 유량은 변하지 않기

때문에 용존 산화전분 농도는 용존 산화전분의 감소량만큼 감소하게 된 것이다.

용존 산화전분 농도의 감소 정도는 전분 흡착율이 10% 변할 때 거의 10%씩 감소하였으며, 전분 흡착율이 90%일 때는 전분 흡착율이 0.1%일 때의 5.5%까지 감소하였다.

용존 산화전분 농도의 감소 경향이 완전 직선이 아닌 이유는 백상파지 혼합비율의 증가시킬 때와 반대로 전분 흡착율이 증가할수록 프레스 입구를 통과하는 습지필의 산화전분 총량이 감소하여 백상파지를 통해 유입되는 산화전분의 총량을 감소시켰기 때문이다.

이상의 결과로 볼 때, 전분 흡착율의 변화에 의한 공정 전체의 용존 산화전분 농도 변화는 백상파지 혼합비율의 변화와 마찬가지로 공정으로 유입되는

용존 산화전분 양의 변화에 의해 발생한 것이라 판단된다.

공정의 고페쇄화가 진행되더라도 전분 흡착율을 높이면 공정 백수 내 산화전분의 축적 양을 줄일 수 있다. 즉 ATC(anionic trash catcher)를 사용한 다거나 표면사이징으로 양성전분을 사용할 경우 공정 내 용존 산화전분(혹은 양성전분)의 농도를 감소시킬 수 있다는 것이다.

4. 결론

백상지 공정의 고페쇄화에 따른 산화전분의 축적 현상을 분석하기 위해 공정 시뮬레이션 기법을 사용하였다. 파이롯 머신의 상세 설계를 참조하여 공정 모델을 만들었고, 산화전분 흡착과 탈착에 대한 모델을 만들었다. 이를 활용하여 와이어 샤워의 백수 사용률, 백상과지 혼합비율, 산화전분의 흡착율, 표면사이징 양을 변수로 정상상태 시뮬레이션을 실시하였고, 와이어 샤워의 백수 사용률을 변화시켜 비정상상태 시뮬레이션을 실시하였다.

정상상태 시뮬레이션의 결과, 용존 산화전분의 농도는 샤워용 백수 사용량의 증가함에 따라 증가하였는데, 와이어 샤워의 백수 사용률이 높을수록 그 증가율도 높아졌다. 또한 백상과지 혼합비율의 증가는 공정 내 여러 stream의 유량을 변화시키면서 동시에 유입되는 산화전분의 유량을 증가시키기 때문에 백수의 용존 산화전분 농도를 증가시켰다. 전분 흡착율의 증가는 공정 전체의 유량이나 지료 고형분의 물질수지에는 큰 변화를 주지 않으면서 흡착되는 산화전분의 비율만 증가시키므로 공정의 산화전분의 농도를 직선적으로 감소시켰다. 표면사이징 양의 증가는 유입되는 산화전분의 양을 증가시키기 때문에 용존 산화전분 농도는 증가하였는데, 표면사이징 양이 증가할수록 용존 산화전분 농도의 증가량은 점점 감소하였다.

비정상상태 시뮬레이션 결과, 공정의 동적 거동은 저장조의 용량에 영향을 받으며 유량과 용존 산

화전분 농도의 동적 거동은 각기 다르게 나타났다. 용존 산화전분 농도의 변화 속도는 변화가 시작되는 단위공정의 위치와 순환 루프의 길이, 그리고 저장조의 용량에 의해 변화였다.

사 사

이 연구는 산업자원부 청정기술개발 사업의 지원으로 수행되었으며, 일부분은 BK-21 사업의 지원에 의해 진행되었음.

인용문헌

1. Lyman, C.A. and Raymond, L.J.: White water reuse on a fine paper machine. *Tappi J.* 56(3): 92-96 (1973).
2. Alexander, S.D. and Dobbins, R.D.: The buildup of dissolved electrolytes in a closed paper mill system. *Tappi J.* 60(12): 117-120 (1977).
3. Alexander, S.D. and Dobbins, R.D.: The physical and optical properties of paper made at high salt concentrations. *Tappi J.* 60(12): 121-124 (1977).
4. Linhart, F., Auhorn, W.J., Degen, H.J. and Lorz, R.: "Anionic trash": controlling detrimental substances. *Tappi J.* 70(10): pp79-85 (1987).
5. Allen, L., Polverrari, M., Levesque, B. and Francis, W.: Effects of system closure on retention- and drainage-aid performance in TMP newsprint manufacture. *Tappi J.* 82(4): 188-195 (1999).
6. Zhang, X., Beatson, R.P., Cai, Y.J. and Saddler, J.N.: Accumulation of specific dissolved and colloidal substances during white water recycling affects paper properties. *J. Pulp & Paper sci.* 25(6): 206-210 (1999).
7. Miyanishi, T., Iida, K. and Iwatsu, T.: Dynamic simulation for efficient paper machine grade change. *Tappi J.* 71(1): 49-56 (1988).
8. Orcotoma, J.A., Paris, J. and Perrier, M.: Dynamic analysis of fibrous material and dissolved solids distribution in the wet-end of a newsprint mill. *Appita J.* 52(2): 105-113 (1999).
9. 이학래, 안현전: 펄프종이기술 36(3): 15-34 (2004).