

진단지도를 통한 고지 재활용 공정의 최적화 (VII)

-WRDF를 활용한 공정수 처리 평가-

이영애 · 류정용 · 성용주 · 김용환 · 송재광 · 송봉근

한국화학연구원 펄프제지연구센터

1. 서 론

대부분의 산업에서 용수의 관리는 최적의 효율적인 사용방법을 모색하는 측면에서 많은 관심이 모아지고 있다. 특히 용수 다소비 산업인 제지산업에서는 환경문제와 용수 절감에 대한 필요성에 의해 용수의 재이용을 통한 공정수 사용량의 절감을 위한 노력이 경주되고 있다. 환경에 대한 문제가 심화되고 있으며 용수의 가격 또한 상승하고 있는 실정에서 공정 내 물의 재이용은 용수와 폐수의 양을 최소화시킬 수 있는 가장 효과적인 방법이라 할 수 있다.¹⁾

제지산업은 1%의 원료와 99%의 물이 혼합되어 생산 공정을 이루고 있는 만큼 제지 공정 중에 사용했던 물을 제지공장 밖으로 배출하지 않고 처리한 후 재이용하는 폐쇄화 시스템에 대한 많은 연구와 그 성과들을 바탕으로 한 실제 적용사례 등이 보고되고 있다. 이런 폐쇄화 시스템은 용수 에너지 절감, 폐수 처리비용 절감, 슬러지 발생 감소, 환경 오염감소 등의 장점이 있는 반면에, 스케일을 발생하고 초지설비를 마모시키며 오염물질로 인해 첨가 약품의 효과가 저하되는 단점도 포함하고 있다. 또한 부유물질의 축적으로 와이어와 펄트가 오염되어 제품에 이물질이 증가되는 문제점도 보고되고 있다.²⁾

본 연구에서는 제지산업에서 용수절감을 목표로 먼저 신문지 생산 공장의 공정현황을 파악하였다. 이를 바탕으로 공정수 오염을 절감할 수 있는 방안과 재이용의 최적 방안을 설정할 수 있는 Aspen water를 이용한 전산모사연구를 수행하였다. 공정수 재이용에 소요되는 일차 처리 설비로서 WRDF(Wrinkled Rotary Drum Filter)의 적용 가능성을 파일럿 스케일의 현장 시험을 통해 확인하였으며 이를 신문지 재생 공정에 도입하는 재이용수의 활용방안을 도출하였다.

2. 실험방법

본 연구의 적용대상 기업은 신문지를 제조하는 A사로 사용된 컴퓨터 프로그램은 Aspen Tech社의 Aspen Water 10.2를 사용하였다. 먼저 전체 공정에 대한 flowsheet를 작성하여 각 공정별로 수질, 유량 및 각각의 데이터를 통해 전체적인 mass balance를 설정하였다.

Fig. 1은 A사의 전체 공정을 전산모사를 위한 flowsheet로 축약, 설정한 것이다. 이런 flowsheet를 통해 물질의 흐름, 용수의 유동량 그리고 COD의 변화를 파악하였다. 각종 운전 flowsheet는 현지의 공정에서 채취된 샘플의 분석 결과와 A사가 보유하고 있는 데이터를 토대로 구성되었으며, 이를 활용하여 각 공정의 조건이 변화될 때의 공정 변화를 예측할 수 있게 되었다.

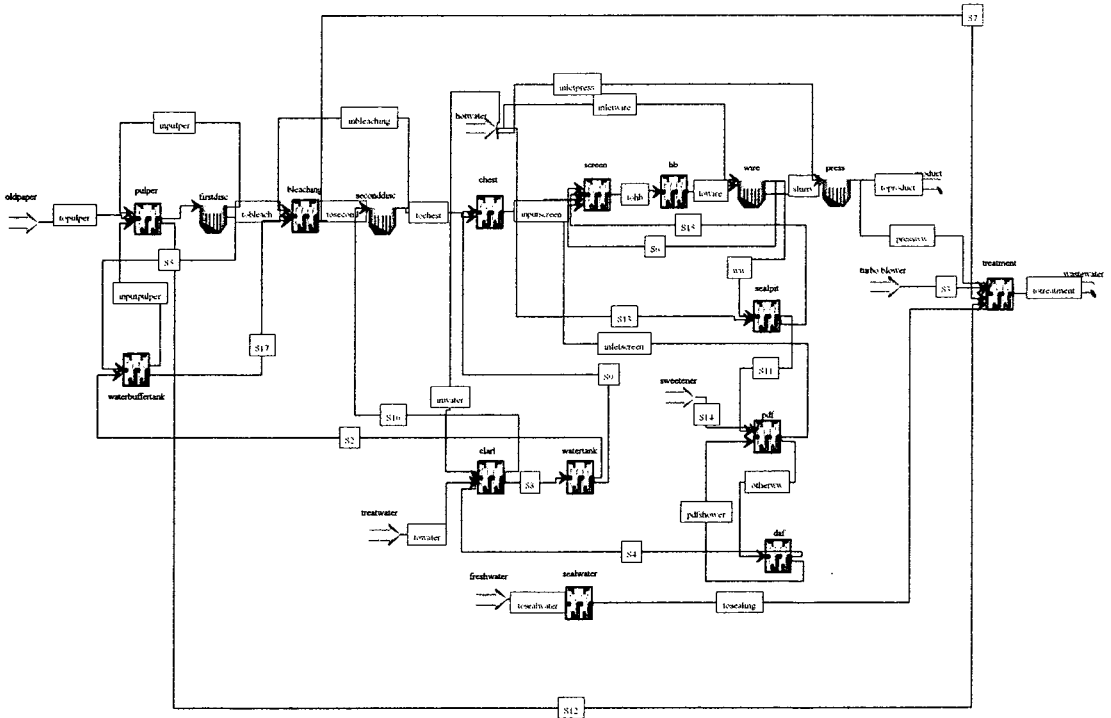


Fig. 1. 신문지 재활용 공정을 축약하여 도시한 flowsheet.

2.1 전산모사

대상기업인 A사의 경우 2nd disc filter를 통과한 지료가 10%의 낮은 농도로 다음 공정으로 이동하는 것을 확인하였다. 전산모사를 통해 결절 부위인 2nd disc filter 탈수 지료의 농도를 30%로 증가시킬 때의 공정수의 COD 변화를 살펴보았다. 2nd disc filter의 농도를 높인 다음, approach의 PDF에서 overflow되는 물을 WRDF를 활용하여 1차적으로 부유물질을 제거하고 forming fabric 샤워수로 재활용하는 내부 재순환 방안을 설정하고 전산모사를 통해 상기한 설정하에서의 COD 변화를 살펴보았다. 이때 부유물질의 제거를 위해 활용되는 Micro-Filtering처리의 적용 가능성은 현장 Pilot 실험을 통해 확인하였다.

2.2 WRDF를 활용한 현장실험

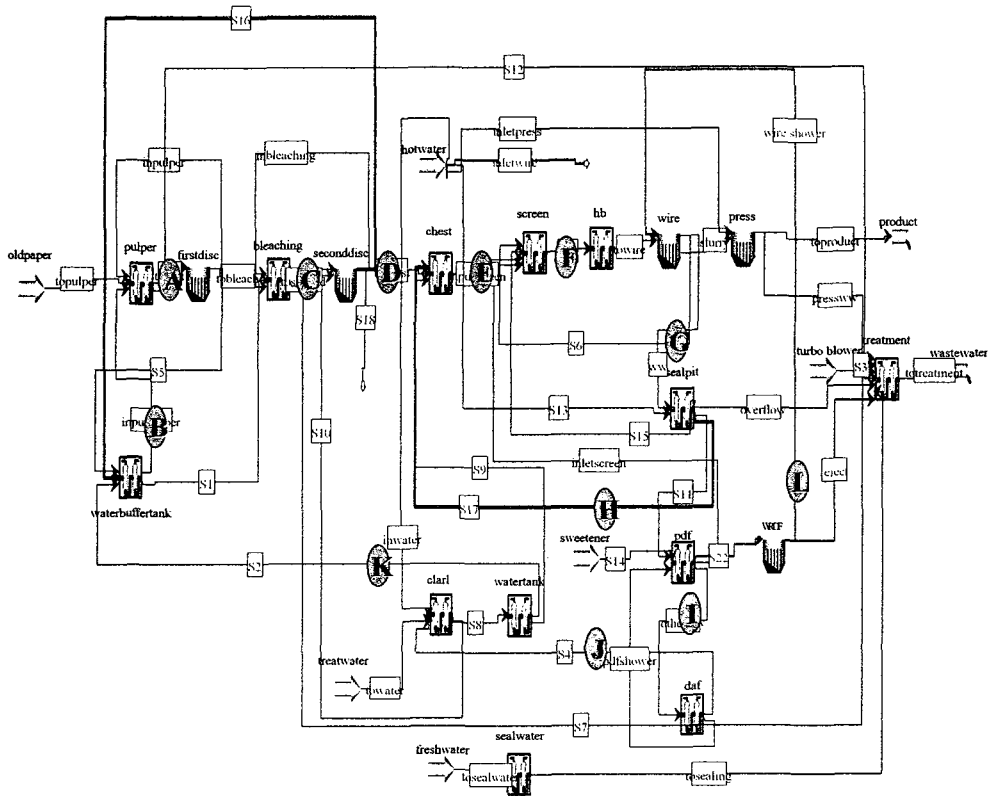
A사의 approach line PDF 처리수를 filtering하여 forming fabric의 샤워수 혹은 CRC수로 재활용함에 따라 2차 처리 부하를 줄이고 청수 사용량을 절감시키기 위한 실험을 수행하였다. WRDF의 유량은 50 L/min이고, pore size가 100 um인 필터를 사용하였다. 미세분의 응집을 위해 고분자 응집제(BASF社, Polymin PRM)가 120ppm, 240ppm만큼 첨가되었으며, 측정항목은 유량, SS, Turbidity(NTU)이었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전산모사 결과

전산모사를 통해 2nd Loop의 Approach간의 결절 부위인 2nd disc filter의 농도를 30%로 증가시킨 다음 공정수의 COD 변화를 살펴본 결과, approach 부위의 COD가 약 50% 저하되는 것을 확인하였다. 그리고 이 상태에서 청수를 사용하고 있는 forming fabric 샤워수를 WRDF 처리수로 대체하였다. 이처럼 청수의 사용량을 줄였음에도 불구하고 approach의 COD가 기존보다 약 20% 감소한 것을 확인하였다. Fig. 3은 COD를 측정된 지점의 flowsheet(Fig. 2)와 이 지점에서의 COD 변화를 그린 그래프이다. 또 Fig. 4는 이 상태에서 청수를 사용하고 있는 forming fabric 샤워수를 PDF 처리수

로 대체했을 때의 COD 변화를 그린 그래프이다.



- A : First PDF Outlet
- B : Water for Pulper
- C : Second PDF Inlet
- D : Second PDF Outlet
- E : Machine Chest Outlet
- F : Head Box Inlet
- G : Seal pit Inlet
- H : Dilution Water for 2nd PDF Outlet
- I : Approach PDF Outlet
- J : Approach DAF Outlet
- K : Water Tank Outlet
- L : WRDF Outlet

Fig. 2. COD check point.

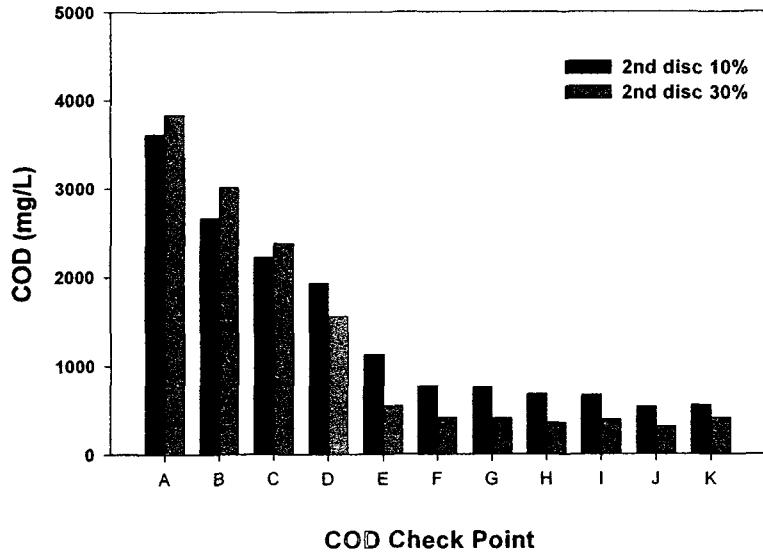


Fig. 3. 결절부위의 지료 농도 변화에 따른 COD 변화.

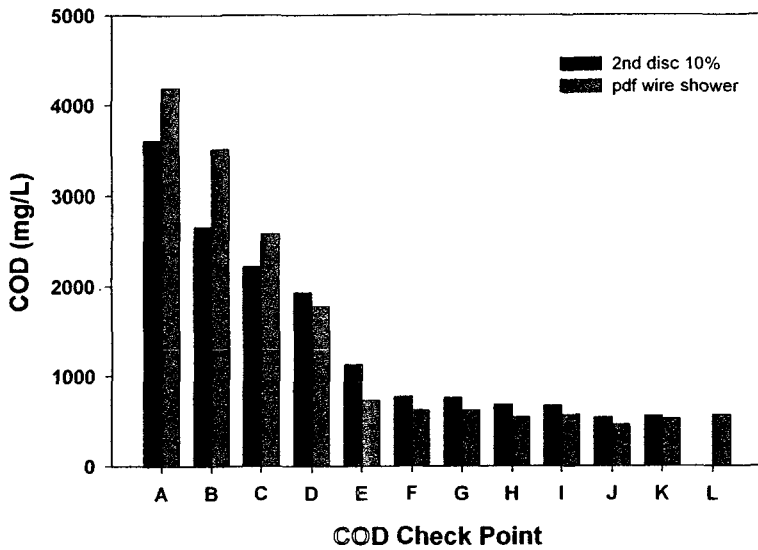


Fig. 4. Forming 샤워수를 PDF 처리수로 대체하였을 때의 COD 변화.

3.2 WRDF를 활용한 현장실험 결과

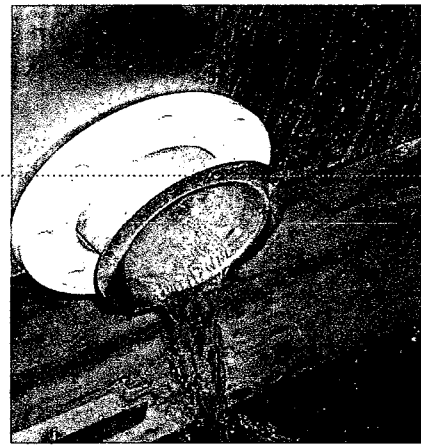
Table 1. PDF의 처리수에 대한 Micro Filtering 용 WRDF 적용결과

Newspaper machine의 PDF 처리수	SS (ppm)	Turbidity (NTU)		Flow rate (l/min)	Drum rpm
		침전 전	침전 후		
blank	inlet	232	496	50	0.65
	clear	216	561	41.67	
	reject	238	722	10.97	
pam 120ppm	inlet	357	400	50	0.65
	clear	43	108	31.92	
	reject	505	682	21.37	
pam 200ppm	inlet	234	215	16	
	clear	34	52	27	
	reject	272	252	23	

2차 실험에서도 고분자 응집제의 첨가 없이 필터링 하였을 때 SS가 개선되지 않음을 확인할 수 있었다. 그러나 응집제의 첨가 수준을 높일수록 WRDF clear water의 SS가 50ppm 이하로 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 응집제를 첨가하여 필터링 한 다음에 바로 탁도를 측정한 경우와 약간의 시간을 두어 침지를 시킨 다음에 탁도를 측정하였는데 침지 시킨 후가 훨씬 낮은 수치를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 비록 micro filter를 통과한 부유물이라 할지라도 침전이 가능한 크기로 WRDF의 운전조건을 최적화시킬때 충분히 제거할 수 있는 것들임을 의미한다.



a) 고분자 응집제 첨가하기 전



b) 고분자 응집제 첨가한 후

Fig. 5. 고분자 응집제의 첨가 전후에 따른 WRDF 처리수 비교

4. 결 론

전산모사를 통하여 Approach로 넘어가는 결절부위의 지료 농도를 높게 해서 공정수의 오염을 줄일 수 있음을 확인하였다. 또 PDF에서 탈수된 물을 forming fabric의 샤워수로 대체할 수 있음을 확인하였다.

PDF 처리수의 부유물질을 제거하기 위한 응집제 처리로 처리수의 SS를 50 ppm 미만으로 관리할 수 있었으며, Shower Nozzle을 막는 등의 문제를 유발하는 SS가 WRDF로 제거됨에 따라, 1차 처리수의 재활용 시 그 수질을 보증하는 설비로서 Micro-filter의 유용함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 청정 생산기술 이전확산 사업인 진단지도 사업의 일환으로 청정생산지원센터의 지원으로 수행되었습니다. 현장 실험에 많은 도움을 주신 동방테크 조춘연 사장님, 이영중 대리님과 (주)대한제지의 박성근 대리님 그리고 약품을 제공해 주신 BASF의 노재훈 과장님께 감사를 드립니다. 아울러 현장 샘플분석에 도움을 주신 충북대학교 대학원생들께 감사를 드립니다.

인용문헌

1. Hallale, N., "A new graphical method for water minimization", *Advances in Environmental Research* 141 (2001).
2. James, M.G., Liu, Y. A., "Industrial Water Reuse and Wastewater Minimization", McGraw-Hill (1999).
3. Bruno CARRE, Jean RUIZ, Pascal OTTENIO and Josiane BRUN, "Optimisation of deinking circuit water design by modeling", Centre Technique du Papier, France (2002).
4. Michael Schwarz, "Papermaking Science and Technology", 6, p. 223