

세도우 마스크 공정에서의 용수절감을 위한 최적 설계방안

이영호, 박진수, 정재학
영남대학교 응용화학공학부

Optimum design for saving freshwater in Shadow Mask Process

Yeong Ho Lee, Jin Soo Park and Jae Hak Jung
School of chemical Engineering and Technology, Yeungnam University
Kyongsan 712-749, Korea

서론

과거에는 물은 무한한 저 비용의 자원으로 취급되었다. 산업의 발전에 따라 물의 사용이 늘어나게 되고, 그와 동시에 물의 과사용으로 인한 환경파괴의 위험에 대한 자각이 계속해서 증가되면서 그에 따라 산업공정에 사용되는 Fresh Water의 가격이 급등하고 있는 추세이다.

현재 대한민국은 UN이 지정한 물 부족 국가에 지정된 나라 중 하나이다. 앞으로 물은 넘치는 풍부한 자원이 아니며, 시간이 흐를수록 Fresh water의 부족과 함께 환경적 규제로 인한 효과적인 용수의 사용이 절실히 필요할 시기가 다가오게 되었다. 그래서 어떤 지역에서는 물의 사용 증가를 제한하기 위한 노력이 행해지면서, 자연스럽게 쉽게 버려지는 물에 대한 자본의 소비와 오수 처리하기 위해 소요되는 비용이 올라가고 있다. 따라서 Fresh Water의 소비 감소와 Wastewater의 재활용으로 발생하는 이점에 많은 관심을 가지게 되었다. 실제 물이 부족한 유럽 선진국가에서는 공정 중 발생하는 용수낭비를 줄이는데 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다.

본 연구는 공정 중 발생하는 Wastewater를 최소화시키는데 그 목적을 두고 있다. 가장 중요한 방법은 공정 중 재사용 되는 물의 양을 최대한으로 가져가도록 공정을 디자인하는 것이며 때에 따라 최적의 양으로 용수재생을 하는 것이다. 공정 중에는 하나의 오염물만을 포함하는 경우와 여러 오염물을 포함하는 공정이 있다. 각 공정의 제약조건에 맞게 최대의 효과를 발휘하는 물 흐름 네트워크를 디자인하여 보았다. 본 연구는 개발된 최적 설계기법을 5개의 오염인자를 가진 세도우마스크 공정라인에 도입하여 그 용수 절감 효과를 실측치로 제시하고자 한다.

본론

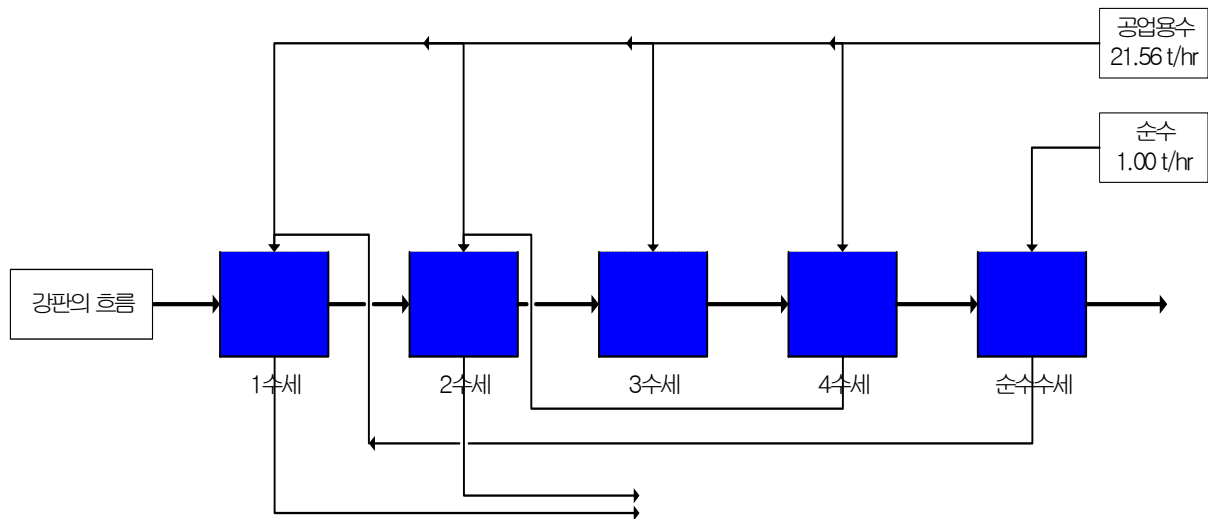
오수는 방류될 수 있으며 재 사용할 수도 있다. 방류할 경우 환경 오염원이 될 뿐 아니라 활용 가능한 자원의 낭비가 된다. 그래서 최대한 재사용 하여야 할 것이다. 그 방법을 간단히 설명하면 재사용은 오수 그 자체로 해도 무방한 공정에는 바로 재사용 할 수 있으나 오수의 오염 정도가 높을 경우 바로 재사용 할 수는 없고 희석하여 재사용 하거나, 최소의 비용으로 적절한 재생산(Regeneration)을 거친 후 재사용 하여야 한다. 때로는 오수를 모아서 심각하게 재생산하여 재사용 하는 방법이 있을 수도 있다. 그런 과정에서 여러 개의 공정수 중 어느 둘, 혹은 셋을 섞어서 재사용 할 수도 있고, 어느 하나를 재생산하여 또 조금 오염도가 낮은 다른 흐름과 섞어서 재사용 할 수도 있고, 어느 흐름의

일부를 섞거나 재생산하여 재사용 할 수도 있다. 그 외 무수한 재사용 가능 경우가 발생할 수 있을 것이다. 이들을 통틀어 어떻게 재사용, 재생산을 해야 최소한의 경비로 최대의 효과를 거둘 것인가를 최적화하는 것이 Wastewater Minimization이라 할 수 있겠다. 구체적인 방법으로 재사용(Re-use), 재생산(Regeneration Reuse), 리사이클링(Regeneration recycling)이 있겠다. 이런 크게 세 가지 방법을 이용하여 적절하게 공정의 변화를 주어 공정의 용수를 최소화시킨다. 그 방법은 각각의 공정에서 가장 많이 발생하는 오수를 기준으로 하여 최대한 물의 재사용을 가능하게 하는 것이다. 그 과정에서 물의 재생산 또한 가능하다. 그리고 공정을 예측하여 물 소비를 크게 줄일 수 있는 방향으로 조업을 이끌 수 있다. 만약 물의 Regeneration에 최대한 투자를 할 수 있다면 최적의 Zero-effluent(무방류) 시스템의 구성까지도 고려할 수 있다. 대부분의 공정은 다수의 오염물(Contaminant)들을 포함하고 있다. 공정 중에 다른 Unit에서 사용된 공정수를 재사용 하게 될 경우 다수의 오염물들간의 상호작용 및 공정에서 허용하는 수치적 한계 농도로 인해 그 네트워크를 구성하는 것이 주먹구구식으로는 쉽게 이루어지질 않는다. 그래서 체계적인 디자인 방법을 사용하여 다수의 오염물질에 대한 공정용수 절감을 위한 최적의 용수시스템 설계가 이루어진다.

세도우마스크 공정 중 용수절감 효과를 가장 많이 얻을 수 있는 정면도포공정을 통하여 그 효과를 수치적으로 제시해보았다.

세도우 마스크 공정의 용수 절감 문제

본 연구의 대상 공정은 다음 그림 1에서 나타낸 바와 같이 수세1, 수세2, 수세3, 수세4, 순수수세가 있는 세도우마스크 제조 공정이다. 이 공정에서의 공정데이터는 다음 표1에서 나타낸 바와 같이 각 공정의 오염원 종류와 제거량 정도, 오염허용범위이다.



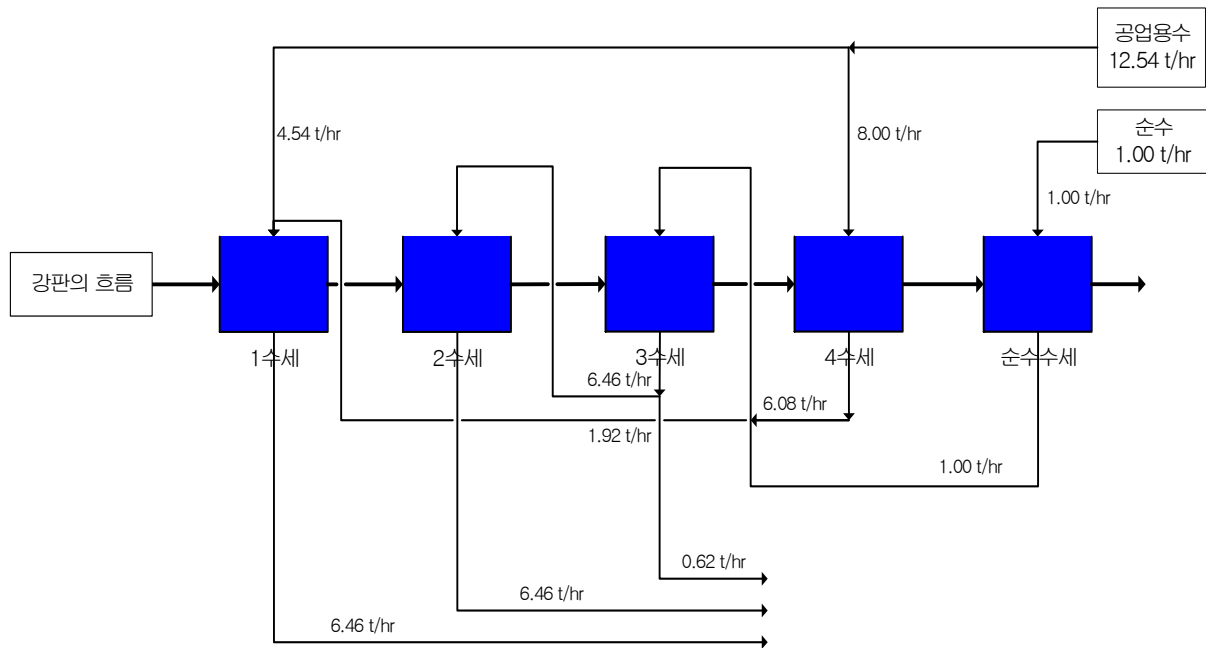
< 그림 1 공정 흐름도 >

위 공정에서 현재 사용하고 있는 용수의 양은 1수세 80.8 t/day, 2수세 80.8 t/day, 3수세 170.0 t/day, 4수세 185.9 t/day, 순수수세 24.0 t/day으로써 총 541.5 t/day의 용수를 사용하고 있다.

Process	Contaminant	Mass load(g/hr)	C _{in} (ppm)	C _{out} (ppm)
1수세	Cod	29.707	1.400	6.000
	ss	6.458	8.000	9.000
	Fe	4.004	0.000	0.620
	Cr	0.129	0.000	0.020
	Zn	0.032	0.010	0.015
2수세	Cod	18.082	1.600	4.400
	ss	77.496	11.000	23.000
	Fe	48.112	0.150	7.600
	Cr	0.000	0.000	0.000
	Zn	0.000	0.015	0.015
3수세	Cod	0.708	1.500	1.600
	ss	2.833	0.700	1.100
	Fe	1.062	0.000	0.150
	Cr	0.000	0.000	0.000
	Zn	0.007	0.006	0.007
4수세	Cod	11.084	0.000	1.400
	ss	3.167	0.000	0.400
	Fe	0.000	0.000	0.000
	Cr	0.000	0.000	0.000
	Zn	0.048	0.000	0.006
순수수세	Cod	0.000	0.000	0.000
	ss	0.000	0.000	0.000
	Fe	0.000	0.000	0.000
	Cr	0.000	0.000	0.000
	Zn	0.001	0.000	0.001

< 표 1 공정데이터 >

본 연구를 통해 개발된 최적 설계는 다음 그림 2에 나타내었다.
아래 설계에 의하면 총 324.9 t/day의 용수를 사용하여 같은 공정을 운전할 수 있다.



< 그림 2 최적 설계 공정도 >

결론

본 연구에서는 Water Minimisation 기법을 이용하여 세도우마스크 공정에서의 용수절감 설계를 개발하였다. 본 연구를 위해 Umista가 개발 공급하는 Water 을 사용하였으며 컴퓨터는 PentiumIV에서 결과를 도출하였다.

기존 공정에서 용수 사용량은 총 541.5 t/day로써 본 연구에 의해 개발된 결과에 비해 약 166%나 더 많은 용수를 사용하는 것으로 드러났다. 즉 본 연구결과에 의한 용수 절감 설계를 현장에 도입할 경우 용수 40%를 절감할 수 있다는 것을 나타낸다.

물은 귀중한 자원이고 현재 우리나라는 UN이 지정하는 물 부족국가이다. 본 연구를 통해 환경오염의 범위를 줄일 수 있어 이러한 연구결과를 현장에 접목시키는 노력이 적극 요구된다.

참고문헌

- [1] Wastewater Minimization, Y P Wang and R Smith, Chem Eng Sci, Vol 49, No 7, pp 981-1006(1994)
- [2] Robin Smith, "Chemical process design", New York, McGraw-Hill (1995)
- [3] Robin Smith, 이문용, 정재학 공역 "화학공정설계", 아진 출판사 (1999)
- [4] Targeting Water Reuse with Multiple Contaminants, S J Doyle and R Smith, Transactions of IChemE, Vol 75, Part B, pp 181-189, August 1997
- [5] Wastewater minimisation of industrial systems using an integrated approach, Computers & Chem.Engng, Vol 22, Supp., pp S741-S744(1998)