동결분리방법을 이용한 폐수농축에 관한 실험적 연구

김정식+

A Experimental Study on Waste Water Concentration by Separating Method of Freezing

Jung-Sik Kim+

Abstract : This study was progressed on the freezing behavior of waste water in relation to freeze concentration method useful to waste water treatment system of small and middle size and which can re-use purified water. The object of this experiment is comparing a pollutant contain of the frozen layer and of an aqueous solution by cooling wall temperature, a flow field effect and a initial thickness of frozen layer.

Key words : Waste water concentration(폐수농축), Separating method of freezing(동결분리), Freezing Velocity(동결속도), Flow field(유동장), Initial frozen layer(초기동결층)

1. 서 론

각종 산업 발달과 경제 성장으로 인해 다양한 형태의 폐수들이 생성 배출되며, 이러한 오염된 물의 처리는 환경 보호의 관점에서 매우 중요하다. 폐수의 처리 방식에는 물리적 처리, 생물학적 처리, 화학적 처리 및 이 방식들을 조합한 방식들이 사용되고 있으나 이러한 방식은 복잡한 처리시설을 필요로 하며 많은 처리비용이 요구된다. 이에 비해 동결농축방법은 조작이 간편하면서 비용이 저렴하므로 중·소규모의 시설이 가능하며 현장 적용성이 우수하다는 장점이 있다.

본 연구는 중·소규모의 패키지형 폐수처리기술로서 활용도가 높은 동결농축방법에 기초를 두고 폐수중의 순수한 물과 폐수 농축액을 분리하는 동결농축방법의 대한 가장 효과적 이용방법의 실험적 연구를 수행하였다. 따라서 본 실험은 가장 많은 양의 순수한 얼음을 얻는 방법을 알아내기 위하여 냉각온도의 영향과 유동의 유무, 초기 순수한 얼음의 두께가 결과물인 얼음 중 중금속 농도에 미치는 영향을 실험적 방법으로 검토함으로써 동결방법을 이용한 가장 이상적인 폐수 동결농축처리법의 기본방향을 제시하고자 하였다.[(1)(2)]

2. 실험방법

Fig. 2.1은 실험장치의 전체 계통도를 나타낸 것으로, 시험부는 가시화가 가능하도록 투명한 아크릴 재질의 원통(내경 200㎜, 길이 400㎜, 두께5㎜)을 이용하여 제작하였고, 시험부의 중간 위치에 원형 동관(내경 100㎜, 길이 300㎜, 두께 2.5㎜)을 설치하였다. 동관 내에는 PVC 파이프로 제작한 노즐을 설치하여 냉각면에 균등하게 브라인을 분사하도록 하였다. 냉각면 온도는 동관의 표면 양쪽에 6개의 열전대(C-A Type)를 설치하여 측정하였다. 시험부의 수직 원관 표면을 냉각시키는 작동유체는 소정의 온도로 조절된 브라인(에틸렌글리콜 40% 수용액)을 사용하였고 순환 펌프를 이용 수직 원관의 내측면의 온도가 균일하게 되도록 노즐을 통하여 분사하였다. 유동은 냉각기를 거친 공기를 수직 원관 하부에서 환 모양의 노즐을 통해 냉각면에 직접 분사하여 부가하였다.

실험은 먼저 냉동기를 가동하여 브라인 탱크의 온도를 소정의 온도로 조절하여 순환시키고, 중금속 수용액의 초기 온도를 0.0℃로 유지시킨 후 시험부에 공급하는 시점을 실험시작 시간으로 하였다.

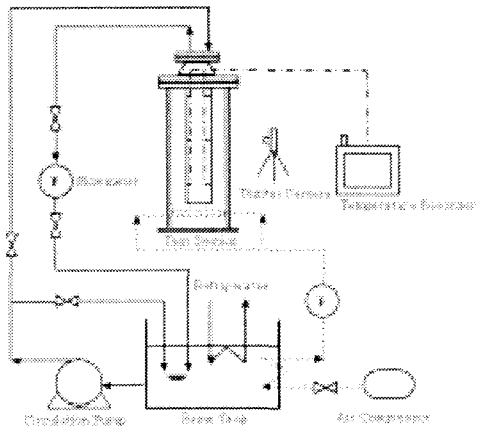

Fig. 2.1 Schematic diagram of experimental apparatus

냉각면의 온도영향을 시험하기 위해 먼저 초기 순수한 얼음의 1㎜ 동결 시 중금속을 투입하고 비유동장 상태에서의 특성을 고찰하였고, 유동상태에서의 동결특성을 관찰하기위해 초기 얼음두께를 1㎜로에서 환모양의 노즐을 통해 지속적이고 일정한 공기량(5L/min)을 분사하였다. 또 초기 얼음 두께에 따른 영향을 알아보기 위하여 초기 얼음 두께를 5㎜, 유동상태에서 실험을 진행하였다. Table 2.1은 본 실험의 조건을 나타내었다.

Table 2.1 An experimental condition

Primary freezing thickness	Flow method	Heavy-metal content	Cooling temperature
1㎜	Not flow field	Pb 2.2 ppm Cr 0.07 ppm	-2℃ -7℃ -12℃
	flow field		
5㎜	flow field	Pb 2.2 ppm Cr 0.07 ppm	-2℃ -7℃ -12℃ -15℃

+ 김정식(한국조선기자재연구원),E-mail:kjsk2@komeri.re.kr, Tel: 051)831-6880

3. 실험결과 및 고찰

3.1 냉각온도 및 유동에 따른 영향

Fig. 3.1과 Fig. 3.2는 냉각면 온도에 따른 동결층의 중금속 농도의 변화를 나타낸 것이다. 그림으로부터 냉각면 온도가 높아질수록 얼음의 중금속 농도가 저감됨을 알 수 있다. 이는 냉각면 온도가 상승할수록 동결층의 성장률이 둔화되고 동결에 의해 석출된 중금속이 동결계면 밖으로 배제될 수 있는 시간이 증대되기 때문이다. 냉각면의 온도가 낮을수록 중금속의 농도가 상승하는 것은 초기 급속한 동결의 진행과정에서 석출된 중금속이 두껍게 형성된 침상빙 사이에 몰입되기 때문인 것으로 생각된다.

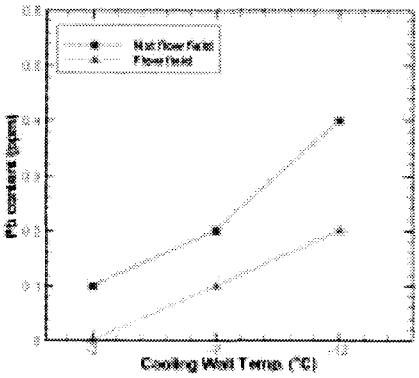

Fig 3.1 Pb content in ice

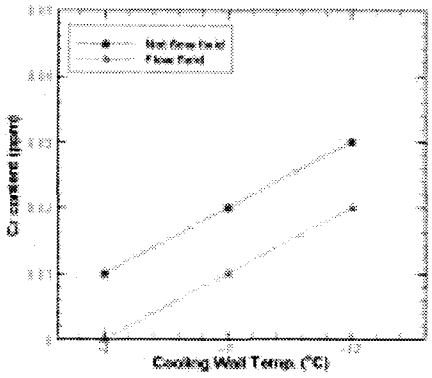

Fig 3.2 Cr content in ice

또 유동을 주었을 때 동결층의 중금속의 농도가 낮아지는 것을 알 수 있는데 이것은 공기의 유동이 동결층의 성장속도를 늦추어 중금속이 석출될 수 있는 시간을 증대시켜 줌과 동시에 동결층에 유입되려는 중금속의 성분을 배제하기 때문이라 생각된다.

3.2 초기 동결층 두께에 따른 영향

Fig. 3.3 와 Fig. 3.4는 각각 초기 빙층 1㎜와 5㎜에서 시험한 얼음 속에 포함된 중금속의 농도 변화를 나타내었다. Fig 5.11과 Fig 5.12 에서 얼음 속에 포함된 중금속 농도를 살펴보면 1㎜일 경우보다 5㎜일 경우에 더 낮은 수치를 나타내는 것을 알 수 있는데 이는 초기 순수한 얼음의 두께가 두꺼워질수록 동결속도가 저하되어 중금속이 동결층으로부터 충부니 배제되기 때문으로 생각되며 또한 5㎜일 경우 -7℃, -12℃에서는 얼음에서 두 중금속이 모두 검출되지 않음을 알 수 있다

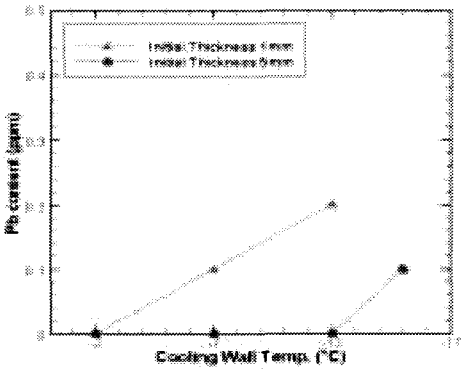

Fig 3.3 Pb content in ice

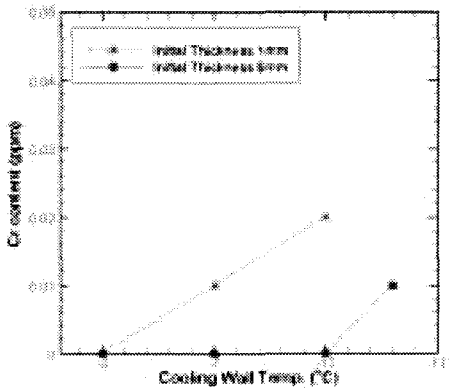

Fig 3.4 Cr content in ice

4. 결 론

Pb와 Cr을 이용하여 폐수동결실험을 한 본 연구에서는 유동특성과 냉각면의 온도특성, 초기 순수한 얼음 동결 두께에 따른 실험적 연구를 통하여 본 실험 범위 내에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 냉각면 온도가 낮을수록 동결층 내의 중금속 농도가 높다.
(2) 유동의 영향이 가해지면 동결층 내의 중금속 농도는 낮다.
(3) 초기 얼음 두께가 두꺼울 수 록 동결층 내의 중금속 농도는 작다.

참고문헌

(1) 박선구 외 2인, "업종별 산업폐수의 수질오염물질 배출특성", analytical science & technology, Vol.12, No.2, pp.142, (1999).
(2) 송영채, 이은경, " 동결농축법에 의한 축산폐수의 처리에 있어서 폐수성상의 영향", 대한환경공학회 '98 추계학술대회, (1998).