J. of Korean Inst. of Resources Recycling
Vol. 12, No. 3, 2003, 31-37
≫ 研究論文 ≪

水溶液中 암모니아 Recycling을 위한 Air Stripping 特性에 관한 硏究

†李華永 · 吳鐘基 · 金成奎

韓國科學技術硏究院 金屬工程硏究센터

Characteristics of Air Stripping for Recycling of Ammonia in Aqueous Solutions

†Hwa-Young Lee, Jong-Kee Oh and Sung-Gyu Kim

Metals Processing Research Center, Korea Institute of Science & Technology, P. O. Box 131, Cheongryang, Seoul 130-650, Korea

요 약

수용액중의 암모니아를 리싸이클링하여 황산암모늄을 제조하기 위한 1단계 공정으로 air stripping에 의한 암모니아 탈기특성을 조사하였다. 수용액중 암모니아 탈기실험을 위하여 내경 40 mm의 아크릴관을 탈기 column으로 사용하고 하단에 미세한 기체방울을 생성시키기 위하여 air sparger를 설치하는 한편 탈기가스로는 공기를 사용하였다. 탈기실험 결과 수용액 pH가 증가할수록 암모니아 탈기효율이 향상되었으며, 적정 pH범위는 10~12 인 것으로 나타났다. 공기유량변화가 암모니아 탈기에 미치는 영향에 있어서는 공기유량이 증가함에 따라 탈기량이 비례하여 증가하지는 않았다. 또한, 수주 높이 20 cm 이상에서 절대 탈기량은 수주 높이에 관계없이 일정하게 나타났다. 탈기 온도를 높일수록 암모니아 탈기속도는 크게 증가하여 pH 12.8, 탈기 온도 60°C에서 14시간 탈기시 초기 암모니아의 90% 정도를 탈기시킬 수 있었으며, 탈기 온도는 수용액 pH와 함께 암모니아 탈기공정의 가장 중요한 변수임을 확인할 수 있었다.

주제어 : 암모니아, 리싸이클링, 탈기, 총질소, 폐수

Abstract

A study on the characteristics of ammonia desorption from aqueous solutions has been performed by air stripping as the first stage of ammonia recycling for the preparation of ammonium sulfate from it. For air stripping experiments, a stripping column made with acrylic tube of 40 mm diameter was employed and compressed air was injected into solutions through air sparger equipped at the bottom of stripping column. As a result of experiments, the stripping efficiency was increased with the aqueous pH and it was found that the appropriate pH for air stripping of ammonia was between pH 10 and 12. As far as the effect of air flow rate on ammonia stripping was concerned, ammonia stripping was not proportional to the air flow rate although it was affected by the air flow rate to some extent. Moreover, when more than 20 cm of water height was maintained, total ammonia desorbed from solution was not varied with the water height. Stripping temperature was also found to play an important role in ammonia desorption and about 90% of initial ammonia was desorbed in 14 hours at pH 12.8 and at 60°C. Finally, it was believed that stripping temperature as well as the aqueous pH was one of the most important factors in air stripping of ammonia.

Key words : ammonia, recycling, air stripping, total nitrogen, wastewater

1. 서 론

일반적으로 정밀화학 공정 및 비철금속 제련공정에서 발생하는 폐수용액에는 다량의 암모니아 성분이 함유되어 있는 경우가 많다. 특히, 사진현상폐액의 경우 많게는 수만 ppm 의 암모니아가 함유되어 있는 것으로 알려져 있기도 하다. 폐수중에 이와 같은 암모니아 성분이 함유되어 있게 되면 생물학적 정화처리시 미생물의 활성을 억제하는 저해요인으로 작용하기 때문에 처리효율을 떨어뜨리게 되며, 또한 부적절하게 처리된 폐수가

† 2003년 1월 24일 접수, 2003년 4월 25일 수리
† E-mail: hylee@kist.re.kr

그대로 방류됨으로 인하여 심각한 환경오염문제를 야기시키게 된다. 더욱이 최근에는 강화된 수질오염방지법에 따라 전국적으로 방류수중의 질소농도를 엄격히 규제하기 때문에 암모니아 함유 폐수를 발생시키는 각종 사업체의 애로 요인으로 작용하고 있다.

수용액중의 암모니아를 제거하기 위한 방법으로는 주지하는 바와 같이 생물학적 처리공정을 이용하여 탈질하거나[1-4] 혹은 물리화학적 방법의 하나로써 Mg^{2+} 이온과 PO_4^{3-}이온을 첨가하여 불용성의 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ 화합물로 전환시켜 침전시키는 방법[5]과 제오라이트를 첨가하여 이온교환시키는 방법[6-8]등이 공업적으로 사용되고 있다. 그러나, 이들 암모니아 제거방법은 대체로 저농도의 암모니아 수용액 처리에 적용되는 것이 일반적이며, 암모니아 농도가 높아질수록 처리비용이 급격히 증가하기 때문에 고농도 암모니아 수용액 처리시 이들 방법을 이용하는 것은 곤란하다.

수용액중의 암모니아 농도가 일정 수준 이상일 경우 앞에서 언급한 처리방법 이외에 공기 혹은 수증기를 수용액에 주입시켜 암모니아를 대기중으로 증발시키는 탈기법(air stripping)[9-14]이 보다 효과적으로 적용될 수 있다. 이 경우, 단순히 암모니아를 제거하기 위한 조업보다는 탈기된 암모니아를 황산용액으로 세정하여 ammonium sulfate를 제조하는 암모니아 리싸이클링 기술이 경제적 혹은 공업적으로 유용하게 검토되고 있다[15].

본 실험에서는 수용액중의 암모니아를 리싸이클링을 통하여 비료원료로 사용되는 ammonium sulfate로 제조하기 위한 공정의 하나로써 1차로 수용액중의 암모니아에 대한 air stripping 특성을 파악하고 제반변수별 탈기효율을 조사함으로써 암모니아 리싸이클링을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서는 air stripping에 의한 수용액중 암모니아 탈기실험을 위하여 내경 40 mm, 길이 1,000 mm 아크릴관을 탈기 column 으로 사용하고 하단에 미세한 기체방울을 생성시키기 위한 air sparger를 설치하는 한편 탈기가스로는 공기를 사용하는 실험장치를 설계/제작하였다. 한편, 수용액 온도를 일정하게 유지시키기 위하여 immersion heater를 column내에 설치하고 tem-perature controller를 통하여 수용액 온도를 조절하였다. 실험방법은 우선 증류수에 NH_4Cl을 일정 농도가 되도록 용해시키고 여기에 pH 조절을 위하여 NaOH를 첨가하였다.

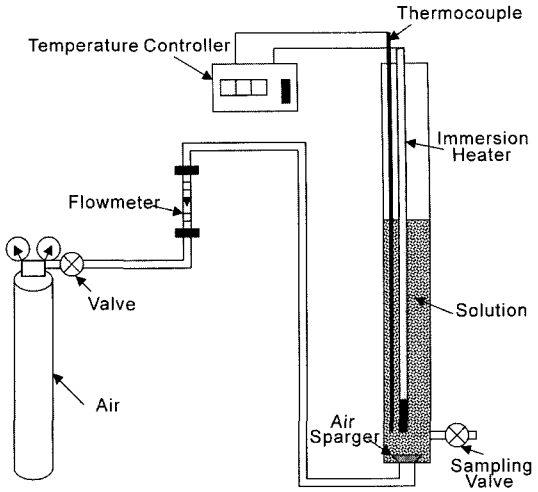

Fig. 1. Schematic diagrams of experimental apparatus for air stripping of ammonia.

이와 같이 제조된 암모니아 수용액을 탈기 column에 일정 수주 높이가 되도록 채우고 immersion heater를 사용하여 실험 온도로 승온시킨다. 또한, 압축공기를 유량계를 통하여 탈기 column 내로 주입하는 것을 시작으로 탈기실험을 진행하며, 이후 일정시간 간격으로 수용액을 sampling하여 암모니아 농도 및 pH를 측정하였다. 본 실험에서 암모니아 탈기를 위한 수용액 온도는 각각 25, 40 및 60°C의 3조건에서 실시하였으며, 실험도중 증발로 인하여 낮아진 수주 높이는 증류수를 보충하여 일정 수주 높이로 유지하였다. 본 실험의 air stripping 실험장치는 Fig. 1과 같다.

한편, 수용액중 암모니아 농도는 KS규격(KS M9151)에 따라 sodium salicylate, sodium citrate 및 sodium nitroprusside를 혼합한 발색시약과 안정화제를 사용하여 Spectrophotometer(Varian DMS 200)를 이용하여 650 nm 파장에서의 absorbance를 측정하는 방법으로 구하였다. 본 실험에서 얻은 수용액중 암모니아성 질소농도와 흡광도의 상관관계 보정곡선은 Fig. 2에 나타낸 바와 같다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 수용액 pH의 영향

Fig. 3은 수용액의 초기 pH를 변화시키면서 암모니아 탈기실험을 하였을 때의 탈기곡선을 나타낸 것이다. 초기 수용액중의 NH_3-N 농도를 500 ppm으로 하고 질소

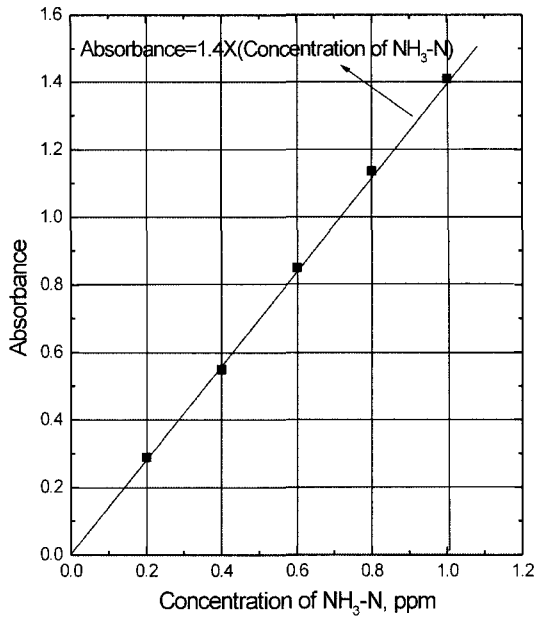

Fig. 2. Calibration curves between concentration of NH_3-N in aqueous solution and absorbance.

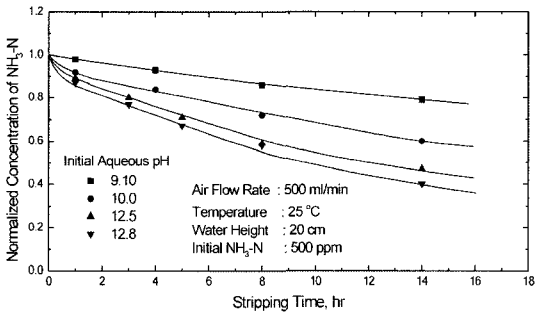

Fig. 3. Effect of initial aqueous pH on air stripping of ammonia from solutions.

가스유량 500 ml/min에서 초기 pH를 그림과 같이 9.1 ~12.8의 범위에서 변화시켰을 때, 암모니아 탈기속도는 pH가 높을수록 촉진되는 것으로 나타났다. 이것은 air stripping에 의한 수용액중 암모니아의 탈기공정시 탈기 효율은 이론적으로 다음 반응식과 같이 수용액에 존재하는 암모니아의 pH변화에 따른 NH4+ 이온과 NH3의 분배비율에 따르기 때문이다.

$$NH_4^+ + H_2O = NH_3 + H_3O^+ \quad (1)$$

(1)식에서 보는 바와 같이 수용액에 존재하는 암모니아는 암모늄이온(NH_4^+)과 free ammonia(NH_3)의 두가지 형태로 존재하게 되며, 수용액 pH가 높을수록 (1)식

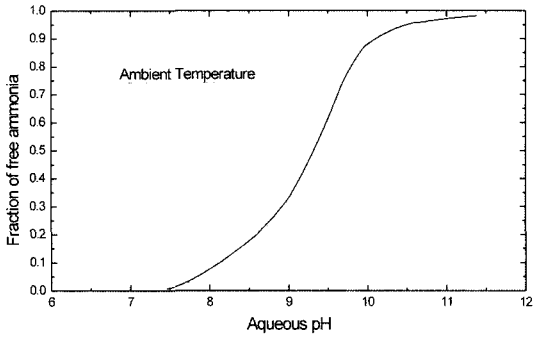

Fig. 4. Relationship between fraction of free ammonia and aqueous pH.

Table 1. NaOH addition for each initial pH in the work. (temperature 25°C, NH_3–N 500 ppm)

initial pH	9.1	10.0	12.5	12.8
NaOH addition (kg/ton water)	0.51	1.27	3.48	7.00

의 정방향으로 반응이 진행되어 NH_3 비율이 높아지며 이에 따라 탈기효율도 증가하게 된다. 이 관계를 이론적으로 계산하여 수용액 pH에 따른 free ammonia비율을 도시하면 Fig. 4와 같이 나타낼 수 있다. Fig. 4에서 보면 pH 8.0 이하에서는 free ammonia의 비율이 10% 미만으로써 이 경우 air stripping에 의한 암모니아 탈기는 거의 이루어지지 않으며, 반면 pH 10이상에서는 거의 90% 이상이 free ammonia로 존재하는 것을 알 수 있다. 따라서, 암모니아 탈기효율을 증진시키기 위해서는 가능한 한 수용액 pH를 높여야 하나 이 경우 첨가되는 알칼리 비용이 증가하는 문제점이 있다.

Table 1은 본 실험에서 탈기시 초기 pH를 조절하기 위해 첨가된 NaOH양을 나타낸 것으로 표에서 보는 것처럼 수용액의 초기 pH를 12 이상으로 높이기 위해서는 비교적 많은 양의 NaOH가 필요하게 되기 때문에 처리비용의 상승으로 이어지게 된다.

따라서, air stripping시 초기 pH 조절범위는 탈기속도, 탈기효율 및 NaOH 첨가비용을 고려하여 적정한 수준으로 결정하여야 할 것으로 판단되며, 본 실험의 결과를 볼 때 pH 10~12의 범위가 바람직할 것으로 예상된다. 이상과 같이 판단하는 근거로는 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 초기 pH 9.1의 경우 탈기속도가 너무 느려 14시간의 탈기후에도 초기 NH_3–N 농도의 80% 가량이 그대로 수용액에 잔류하고 있으나, pH 10.0으로 초기

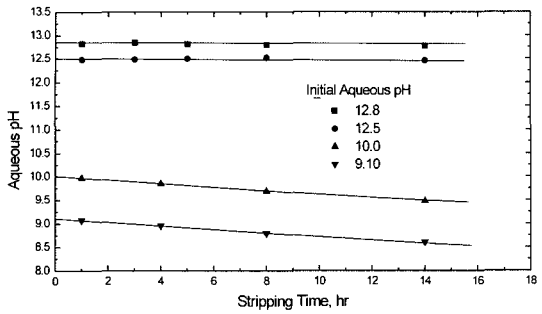

Fig. 5. Variation of aqueous pH with stripping time.

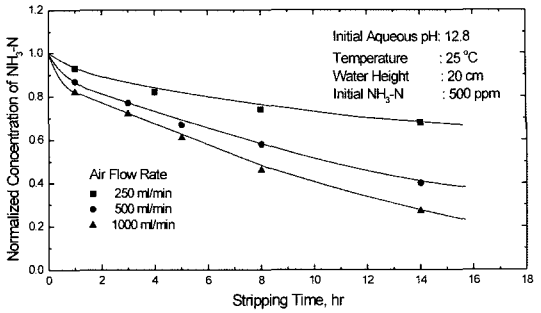

Fig. 6. Effect of air flow rate on stripping of ammonia from solutions.

pH를 높이면 탈기속도는 pH 9.1에 비해 약 2배 이상으로 촉진되고 있다. 또한, 초기 pH를 12이상으로 더욱 높이면 물론 탈기속도는 더 빨라지나 그림에서 보는 것처럼 pH 12.5와 12.8을 비교해 볼 때 NaOH 첨가량은 급격히 증가하나 탈기속도에 있어서는 그리 큰 차이가 나지 않음을 알 수 있다. 따라서, air stripping시 초기 pH를 12이상으로 높이는 것은 NaOH 첨가비용을 고려할 때 그다지 바람직하지 않는 것으로 판단되고 있다.

한편, Fig. 5는 탈기시간 경과에 따른 수용액 pH 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 것처럼 초기 pH 12.5와 12.8의 경우에는 암모니아 탈기가 진행되어도 pH 변화가 거의 나타나지 않고 있으나 pH 10 이하의 경우에는 탈기시간이 경과함에 따라 수용액 pH가 조금씩 낮아지는 것으로 관찰되었다. 이론적으로 수용액중의 암모니아가 제거되면 (1)식에서 보는 것처럼 수용액 pH는 낮아지게 된다.

그러나, 실제로 본 수용액의 경우 초기 NH_3-N 농도가 500 ppm 으로 매우 낮기 때문에 Fig. 5에서 탈기시간이 경과하면서 pH가 낮아지는 이유는 (1)식에 의한 pH 저하효과와 함께 대기중의 이산화탄소 흡수로 인한 pH 감소 때문인 것으로 사료된다.

3.2. 공기유량이 암모니아 탈기효율에 미치는 영향

Fig. 6은 탈기가스의 유량을 변화시키는 경우에 있어서의 탈기곡선을 도시한 것으로써, 만약 가스방울에 의한 암모니아 탈기가 지배적인 경우에는 주입되는 가스유량에 정비례하여 암모니아 탈기가 진행되어야 하나 그림에서 보는 바와 같이 실제로는 그렇지 않음을 확인할 수 있다. air stripping 공정에 있어서 탈기효율을 좌우하는 중요한 인자 가운데 하나로써 탈기가스(공기)와 수용액 사이의 기/액 접촉면적과 물질전달계수를 들 수 있는데, 이들 변수를 극대화하는 것이 탈기속도를 증진시키는 중요한 관건이 된다 하겠다. 수용액과 기체 사이의 물질전달계수에 관한 수식적 계산은 이미 많이 알려져 있으며, Beg 등[12]은 암모니아 탈기시의 물질전달계수를 Reynolds number 및 Schmidt number의 함수로 표시되는 관계식을 보고하기도 하였다.

또한, 암모니아 탈기속도를 이론적으로 살펴 보면

$$dm/dt = V_L(dC_L/dt) = -KtACLF \quad (2)$$

(m=mass of NH_3, C_L=concentration of NH_3 in liquid, V_L=liquid volume, F=fraction of NH_3, K_t=mass transfer coefficient, A=interfacial area and t=time)

과 같이 표시할 수 있으며, (2)식에서 물질전달계수 K_t가 일정한 경우 암모니아 탈기속도는 총괄전달면적(기/액 접촉면적) A에 의해 좌우된다. 여기에서 총괄전달면적 A는 탈기 column을 통과하는 공기방울의 표면적(A_1), 공기방울이 수표면에서 깨지면서 일으키는 수표면의 물방울면적(A_2) 및 탈기 column의 수표면 면적(A_3) 등 3가지 면적의 합으로 정의할 수 있으나 실험적으로 총괄전달면적 A를 측정하는 것은 불가능하다. Smith와 Arab[13]의 연구결과에 의하면, 공기방울에 의해 이동되는 수용액중의 암모니아 양은 총 탈기량의 15~38% 정도에 불과하고 나머지 대부분의 암모니아는 수표면에서의 이탈을 통해 탈기가 진행되는 것으로 알려져 있다. 본 실험의 결과에서도 Fig. 6에서 보는 바와 같이 공기유량이 증가함에 따라 탈기량이 증가하나 비례관계에 있지는 않다는 것을 보여주고 있다. 다시 말하면, 물질전달면적은 공기방울면적 보다는 수표면면적과 난류에 의해 생성된 물방울 면적이 좌우하기 때문에 탈기속도는 공기유량에 반드시 비례하지는 않는다는 사실을 의미한다.

따라서, air stripping 공정에서 공기를 주입하는 주목적은 수용액중의 암모니아를 공기방울로 이동시키는 목적보다는 수표면에서 공기방울이 깨지면서 일으키는 수표면면적 증대효과와 함께 수표면에서의 boundary layer thickness를 감소시킴으로써 대기중으로의 물질전달을 촉진시키는 것이 주목적인 것으로 평가되고 있다.

한편, Fig. 7은 탈기 column 내에서의 수주 높이 변화에 따른 탈기속도 추이를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 NH_3–N 농도 감소율은 수주 높이가 낮을수록 증가하는 것으로 관찰되고 있으나, 절대 탈기량을 계산해 보면 수주 높이에 관계없이 거의 일정함을 알 수 있었다. 이것은 탈기가스인 공기가 column내로 유입되어 공기방울로 분산되는 순간 매우 빠른 시간내에 수용액중의 암모니아 가스와의 평형상태에 도달하기 때문에 이후 공기방울이 상승하면서 포집하는 더 이상의 암모니아 양은 거의 없다는 사실을 의미하고 있다. 따라서, 공기방울과 수용액간의 암모니아 평형관계는 매우 빠른 시간에 이루어지기 때문에 column내의 수주 높이는 탈기량에 별로 영향을 미치지 않으며, 탈기속도를 증진시키기 위해서는 수용액 대비 수표면면적(A/V)을 가능한 한 크게 설계하는 것이 바람직한 것으로 판단되고 있다.

3.3. 탈기 온도의 영향

Fig. 8 및 9는 각각 초기 pH 10.0과 12.8에서 탈기온도를 변화시키면서 수용액중의 암모니아를 air stripping하였을 때의 탈기곡선을 나타낸 것이다. 이들 그림에서 보면 탈기 온도를 높일수록 탈기속도는 크게 증가하고 있어 초기 pH 12.8에서 탈기 온도를 60°C로 높이면 14시간 air stripping시 초기 암모니아의 90% 가량을 탈기시킬 수 있는 것으로 관찰되었다. 탈기 온도가 air stripping공정에 미치는 영향은 2가지 측면으로 나누어 고려할 수 있는데, 첫째는 (1)의 반응식에서 동일한 pH라 하더라도 온도가 증가할수록 정방향으로의 반응이 촉진되어 free ammonia(NH_3)의 비율이 높아진다는 점이다. 더욱이 수온이 올라갈수록 Fig. 10에서 보는 바와 같이 암모니아의 물에 대한 용해도는 감소하기 때문에 탈기에 보다 유리한 조건을 제공한다 하겠다. Zibrida[11]의 결과에 의하면 암모니아 탈기시 수용액의 수온이 높을수록 $(T/15)^{0.5}$(T=temperature of solution in °F)만큼 pH 값이 증가하는 효과를 가져오는 것으로 보고되고 있다. 수용액 온도상승이 암모니아 탈기에 미

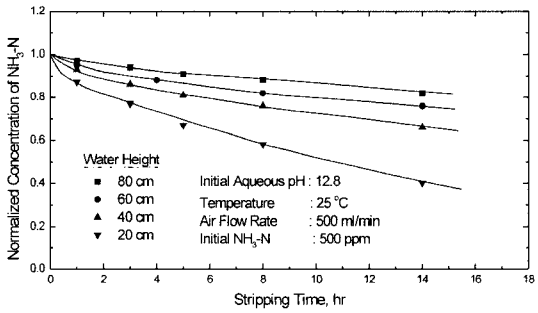

Fig. 7. Effect of water height on air stripping of ammonia from solutions.

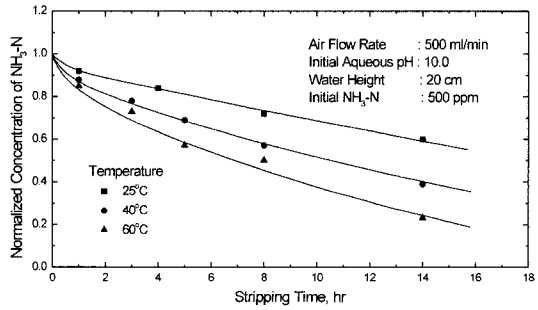

Fig. 8. Effect of stripping temperature on air stripping of ammonia from solutions. (pH 10.0)

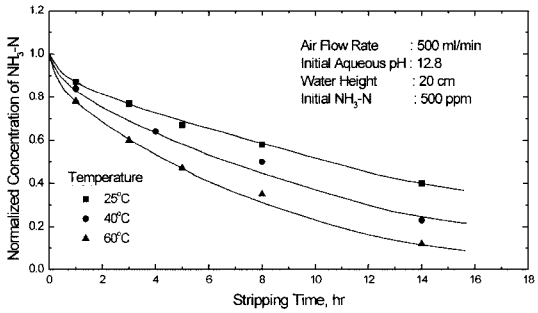

Fig. 9. Effect of stripping temperature on air stripping of ammonia from solutions. (pH 12.8)

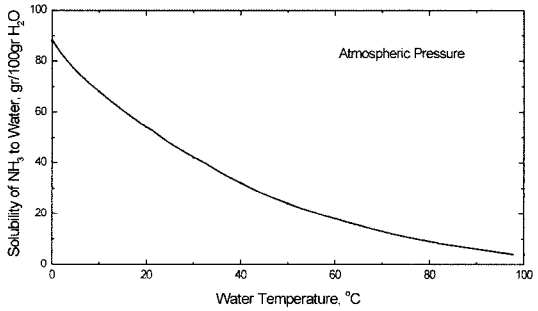

Fig. 10. Solubility of ammonia to water depending on temperature.

치는 또 하나의 효과는 온도가 높아지면서 (2)식의 물질전달계수 K_l가 증가한다는 점이다. 즉, 기/액 접촉과정에서의 물질전달계수가 증가함으로 인하여 암모니아 탈기속도가 향상되는 효과를 가져오는데, Srinath와 Loehr9)의 연구에 의하면 40°C 이하의 수온에서는 수온과 물질전달계수가 거의 정비례 관계에 있는 것으로 보고하기도 하였다. 본 실험의 결과에서도 이러한 2가지 측면의 수온 상승효과로 인하여 Fig. 8 및 9에서 보는 것처럼 수용액 온도가 높을수록 암모니아 탈기효율이 크게 개선되는 것으로 나타나고 있으며, 따라서 암모니아 탈기시 수용액 온도는 pH와 함께 가장 중요한 인자인 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

수용액중의 암모니아를 리싸이클링하여 ammonium sulfate를 생산하기 위한 1단계 공정으로 암모니아의 air stripping 특성을 조사하였으며, 실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 수용액중의 암모니아 탈기시 수용액 pH가 증가할수록 탈기효율이 향상되었으며, 적정 pH 범위는 10~12 인 것으로 나타났다. pH 10 이하에서는 탈기속도가 매우 느렸으며, pH 12 이상에서는 pH 상승에 따른 탈기효율 증대효과에 비해 알칼리 소모량이 과다하여 비경제적인 것을 알 수 있었다. 또한, pH 12 이상에서는 암모니아 탈기가 진행되는 동안 수용액 pH변화가 거의 없었으나, pH 10 이하의 경우에는 탈기가 진행되면서 pH가 조금씩 낮아지는 것으로 관찰되었다.

(2) 공기유량변화가 암모니아 탈기에 미치는 영향에 있어서, 실험결과에 의하면 공기유량이 증가함에 따라 탈기량이 증가는 하나 정비례하지는 않는 것으로 나타났다. 따라서, air stripping 공정에서 공기를 주입하는 주된 이유는 수용액중의 암모니아를 공기방울로 이동시키기 위한 것보다는 수표면 면적 증대효과와 함께 수표면에서의 물질전달을 촉진시키기 위함이라는 사실을 알 수 있었다.

(3) 탈기 column 내에서의 수주 높이가 암모니아 탈기효율에 미치는 영향을 살펴보면, 수주 높이 20 cm 이상에서 절대 탈기량은 수주 높이에 관계없이 거의 일정하게 나타나 공기방울과 수용액중의 암모니아와의 평형상태가 매우 빠른 시간내에 이루어짐을 알 수 있었다.

(4) 탈기 온도를 높일수록 암모니아 탈기속도는 크게 증가하는 것으로 나타나 pH 12.8, 탈기 온도 60°C에서 14시간 air stripping시 초기 암모니아의 90% 정도를 탈기시킬 수 있었다. 또한, 탈기 온도는 수용액 pH 와 함께 암모니아 탈기공정의 가장 중요한 변수임을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Hamersley, M. R., and Howes, B. L., 2002: Control of denitrification in a septage-treating artificial wetland: *the dual role of particulate organic carbon,* Wat. Res., **36**, pp. 4415-4427.
2. Al-Ghusain, I., et al., 2002: Nitrogen transformations during aerobic/anoxic sludge digestion, *Bioresource Tech.,* **85**, pp.147-154.
3. Fux, C., et al., 2002: *Biological treatment of ammonium-rich wastewater* by partial nitritation and subsequent anaerobic ammonium oxidation in a pilot plant, J. Biotech., **99**, pp. 295-306.
4. Hibiya, K., et al., 2003: *Simultaneous nitrification and denitrification* by controlling vertical and horizontal microenvironment in a membrane-aerated biofilm reactor, J. Biotech., **100**, pp. 23-32.
5. Siegrist, H. 1996: *Nitrogen removal from digester supernatant-Comparison of chemical and biological methods,* Wat. Sci. Tech., **34**, pp. 399-406.
6. Booker, N. A., Cooney, E. L., and Priestley, A. J., 1996: *Ammonia removal from sewage using natural Australian zeolite*, Wat. Sci. Tech., **34**, pp. 17-24 (1996).
7. Lahav, O., and Green, M., : *Ammonium removal using ion exchange and biological regeneration*, Wat. Res., **32**, pp. 2019-2028 (1998).
8. Green, M., *et al.,* 1996: *Biological-ion exchange process for ammonium removal from secondary effluent*, Wat. Sci. Tech., **34**, pp. 449-458 (1996).
9. Srinath, E. G., and Loehr, R. C. 1974: *Ammonia desorption by diffused aeration*, J. WPCF, **46**, pp. 1939-1957.
10. Shpirt, E., 1981: *Role of hydrodynamic factors in ammonia desorption by diffused aeration*, Wat. Res., 15, pp. 739-743.
11. Zibrida, J. F., 1987: *Removal of ammonia from wastewater*, U. S. Patent, 4,689,156 .
12. Beg, S. A., *et al.,* 1990: *Studies on ammonia stripping in a wetted butterfly valve wastewater scrubber system*, Chem. Eng. J., **43**, pp. B67-B79 (1990).
13. Smith, P. G., and Arab, F. K., 1988: *The role of air bubbles in the desorption of ammonia from landfill leachates in high pH aerated lagoon*, Water, Air, and Soil Pollution, **38**, pp. 333-343.
14. Cheung, K. C., Chu, L. M., and Wong, M. H., 1997:

Ammonia strippig as a pretreatment for landfill leachate", Water, Air, and Soil Pollution, **94**, pp. 209-221.

15. Saracco, G., and Genon, G., 1994: *High temperature ammonia stripping and recovery from process liquid wastes*, J. of Hazardous Materials, **37**, pp. 191-206.

李 華 永

• 현재 한국과학기술연구원 금속공정연구센타 책임연구원
• 본 학회지 제9권2호, 제10권4호 참조

吳 鐘 基

• 현재 한국과학기술연구원 금속공정연구센타 책임연구원
• 본 학회지 제9권2호, 제10권4호 참조

金 成 奎

• 현재 한국과학기술연구원 금속공정연구센타 책임연구원
• 본 학회지 제9권2호, 제10권4호 참조

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解說	現況과 將來의 견해, 硏究 技術의 綜合解說, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解說하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外의 硏究 機關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨筆 등
Group 紹介	企業, 硏究機關, 大學 등의 紹介
硏究論文	Original 硏究論文으로 本 學會의 會誌에 揭載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.