

코크스폐수에 함유된 S^{2-} 과 SCN^{-} 이 미생물 활성화에 미치는 영향

김상식[†] · 이기세

김포대학교 보건환경과, *명지대학교 환경에너지공학과
(2013년 5월 9일 접수, 2013년 5월 26일 심사, 2013년 6월 11일 채택)

Inhibitory Effects of Toxic Materials on Activation of Microorganisms in Coke Plant Wastewater

Sang-Sik Kim[†] and Kisay Lee

Department of Health & Environment, Kimpo College, Gyeonggi-do 415-761, Korea

*Department of Environmental Engineering and Energy, Myongji University, Gyeonggi-do 449-728, Korea

(Received May 9, 2013; Revised May 26, 2013; Accepted June 11, 2013)

본 연구에서는 코크스공장의 Coke Oven Gas (COG) 정제 과정에서 발생하는 폐수의 특성을 규명하고 폐수를 안정적으로 처리하기 위한 최적 운전조건을 도출하였다. 코크스 제조공장에서 발생하는 폐수 중에는 미생물에 유해한 S^{2-} , SCN^{-} 이 각각 6.8~11.2 mg/L, 190~320 mg/L로 높은 농도로 함유되어 있다. S^{2-} 이온농도가 10 mg/L 이하인 경우 활성 슬러지의 SV_{30} 값이 280~340 mL로 슬러지 침강성이 양호했지만 S^{2-} 이온농도가 15 mg/L 이상에서는 SV_{30} 가 560~680 mL로 슬러지 침강성이 악화되었다. 또한 SCN^{-} 이온의 경우는 SCN^{-} 이온의 농도가 300 mg/L 이하인 경우 SV_{30} 값이 245~320 mL로 슬러지 침강성이 양호했지만, SCN^{-} 이온농도가 400 mg/L 이상에서는 SV_{30} 값이 470~567 mL로 슬러지 침강성이 악화되었다. 따라서 코크스공장 가스 정제공정에서 발생하는 폐수를 효율적이고 안정적으로 처리하고 미생물 활성을 양호하게 유지하기 위해서는 폐수처리설비의 유입원수 중 S^{2-} 와 SCN^{-} 이온농도를 각각 15 mg/L, 400 mg/L 이하로 유지해주어야 바람직하다는 것을 알 수 있었다.

This research was carried out to identify the characteristics of the wastewater from coke oven gas (COG) purification process of the coke plant, and derive optimal operating conditions for the treatment of wastewater. The coke plant wastewater contains highly concentrated S^{2-} and SCN^{-} that are harmful to microorganisms, and their concentrations were 6.8~11.2 mg/L and 190~320 mg/L, respectively. When the S^{2-} ion concentration was lower than 10 mg/L, SV_{30} of active sludge was 280~340 mL and the sludge sedimentation velocity was very fast. But, when the S^{2-} ion concentration was higher than 15 mg/L, SV_{30} of the active sludge was 560~680 mL and the sludge sedimentation velocity was very slow. Also when the SCN^{-} ion concentration was lower than 300 mg/L, SV_{30} of the active sludge was 245~320 mL and the sludge sedimentation velocity was very fast. But, when the SCN^{-} ion concentration was higher than 400 mg/L, SV_{30} of the active sludge was 470~567 mL and the sludge sedimentation velocity was slow. To treat the wastewater generated by COG purification process of the coke plant effectively and to maintain microorganism activities in good conditions, the ion concentration of S^{2-} and SCN^{-} should be lower than 15 mg/L and 400 mg/L, respectively.

Keywords: sulfide, thiocyanate, Coke Oven Gas, toxic material, toxicity

1. 서 론

제철소의 단위공장의 하나인 코크스 제조공장은 고로의 열원인 코크스를 제조하는 것이 주목적이며, 코크스 제조과정에서 발생하는 부산물 회수공정과 가스를 정제하는 설비를 갖추고 있다. 코크스는

원료를 선탄과 파쇄 및 배합하는 과정을 거쳐 공기와 접촉시키지 않고 오븐 속에서 약 1000~1300 °C의 고온에서 장시간 가열하여 휘발성분은 모두 제거하고 물을 뿌려 소화시켜 만든 고체 잔류물이다. 코크스의 주성분은 탄소이며 소량의 수소, 질소, 황, 산소를 포함하고 있다. 따라서 코크스를 제조하는 과정에서 다량의 폐수가 발생한다. 코크스공장에서 발생하는 폐수에는 다양한 유기물질과 고농도의 독성물질, 질소화합물 등이 함유되어 있어, 이를 처리하기 위해 생물학적 폐수 처리설비가 운전되고 있다.

일반적으로 독성유기물질이나 잔류성 유기물질을 함유한 산업폐수를 생물학적 처리기술로 처리하는 데는 많은 어려움이 있다[1-3]. 벤젠, 다핵방향족탄화 수소(PAHs), 헤테로 고리화합물, 황화물, 유기염소계

[†] Corresponding Author: Kimpo College
Department of Health & Environment
97 Gimpodaehak-ro, Wolgot-myun, Gimpo-si, Gyeonggi-do 415-761, Korea
Tel: +82-31-999-4158 e-mail: sskim@kimpo.ac.kr

농약 같은 잔류 유기화합물들은 혐기성 조건보다 호기성 조건에서 생물학적으로 처리하는데 많은 어려움이 있다고 보고되고 있다[4-6].

코크스 제조공장에서 발생하는 폐수는 암모니아, 시안, 티오시안 그리고 페놀, 피리딘, 벤젠, 톨루엔 등 다양한 독성 유기화합물을 함유되어 있고, 이런 난분해성 물질들이 COD 제거나 질산화에 대해 억제인자로 작용해서 폐수를 생물학적인 기술로 처리하는데 많은 어려움이 있다[7,8]. 또한 COG 정제설비에서 발생하는 폐수는 코크스 오븐에서 코크스를 제조할 때 사용하는 탄의 종류나 설비운전조건에 따라 발생하는 오염물 농도나 성상의 변화폭이 크다. 코크스 제조공장에서 발생하는 COG를 정제하기위해 설치된 주요한 가스정제설비의 하나는 탈류설비이다. 탈류설비에는 tailing gas가 발생한다. Tailing gas 내에서는 다양한 오염물질이 함유되어 있어 소각로에서 소각할 때 대기오염을 유발시키므로 COG 정제공정으로 재순환시켜 처리하고 있다. 그러나 Tailing Gas 중에 함유되어 있는 오염물질이 폐수 중에 유입되어 생물학적 폐수처리설비의 pH 이상저하, COD 부하증대, 미생물활성저하 등 여러 가지 문제점을 유발시키고 있다[9]. 특히 Tailing Gas 중에는 박테리아에 유해한 물질인 S^{2-} , SCN^{-} 이 높은 농도로 함유되어 있어 이들에 대한 영향조사와 대처할 수 있는 기술이 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 COG 탈류설비의 Tailing gas 중에 함유된 오염물질 중 폐수처리설비의 미생물에 유해한 S^{2-} , SCN^{-} 등이 함유되어 있어 이들 이온농도를 분석하고 Tailing gas 중 폐수처리설비의 미생물에 가장 영향을 많이 주는 것으로 알려진 S^{2-} 농도 변화에 따른 미생물활성, COD, SCN^{-} 저감효율 등을 측정하여 생물학적처리설비의 최적 운전조건을 도출하는데 있다.

2. 실험

코크스 제조공장에서 발생하는 폐수 중에 함유된 S^{2-} , SCN^{-} 등의 오염물질 특성을 파악하기 위하여 코크스 오브가스 정제설비의 탈류설비 후단과 생물학적 폐수처리설비 유입구에서 시료를 채취하여 분석하였다. 또한 이들 오염물질이 코크스 제조공장의 폐수처리설비의 생물학적처리 공정에 미치는 영향을 파악하기 위하여 Figure 1의 회분식 실험 장치를 이용하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 실험 장치는 원통실린더 5개에 공기주입라인에 연결된 산기관과 교반기를 설치했다. 실험에 사용된 미생물은 코크스 제조공장 폐수처리설비의 반송슬러지를 채취하여 실온에서 잘 순화시킨 후 사용하였다. S^{2-} 농도 변화에 따른 미생물 활성을 조사하기 위하여 시료는 코크스공장 폐수처리설비 유입원수와 유사한 합성폐수를 이용하였고 S^{2-} , SCN^{-} 의 농도는 특급시약인 Na_2S 와 SCN^{-} 순도메이커를 사용하여 제조하였다. 상세한 시험조작순서는 다음과 같다.

먼저 코크스폐수에 잘 순화된 미생물을 확보하기 위하여 코크스 제조공장 폐수처리설비에서 채취한 반송슬러지 혼합액을 30 min간 침전시켜 상정수를 분리해 놓았다. 검정시료는 상정수로 희석하여 5개의 농도별로 조제하고 이것을 원통실린더에 등량으로 주입하였다. 그런 다음 사전에 잘 순화시킨 활성슬러지를 회분식 반응기에 넣었다. 이때 종슬러지량은 시료수와 혼합할 때 MLSS가 2500~3000 mg/L로, pH와 DO는 각각 6.5~7.0 mg/L, 1.5~2.5 mg/L로 조정하였다. 일정농도로 조정된 활성슬러지를 이용하여 코크스 제조공정의 tail gas의 주성분인 S^{2-} 농도 변화에 따른 미생물활성, COD, SCN^{-} 등의 오염물질 제거실험을 실시했다. 각 오염물질의 저감효율을 파악하기 위하여 오염물질 저감실험 실시 후 5 h 간격으로 시료를 채취하였으며, 실험은 40 h 동안 실험을 실시했다. 혼합액의 COD, MLSS는 공해공정실험법에 의해,

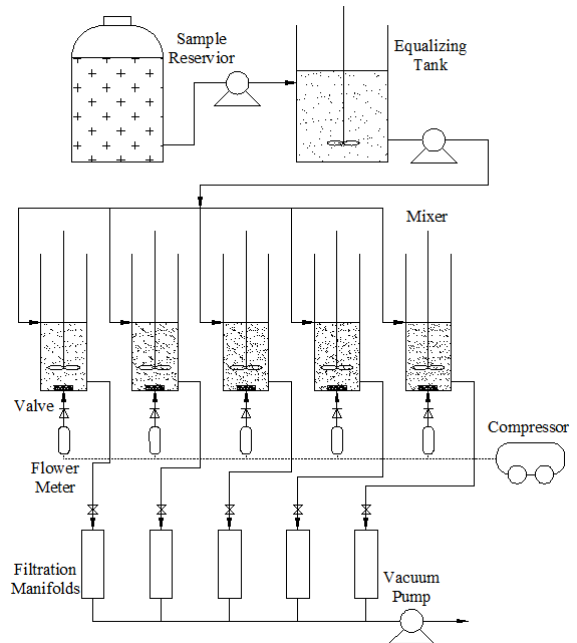


Figure 1. Batch type reactor for the inhibition effect test of toxic materials.

Table 1. Characteristics of Coke Wastewater

| Item | pH | COD | S^{2-} | SCN^{-} |
|-----------------------------|---------|---------------|---------------|-----------|
| Effluent of H_2S Scrubber | 9.4~9.8 | 6900 ~8400 | 1780 ~3650 | 420~760 |
| Influent of BET* | 5.6~6.8 | 2400 ~3500 | 6.8~13.2 | 160~280 |

* BET : Biological Effluent Treatment

S^{2-} 과 SCN^{-} 이온농도는 Standard Methods[10]에 의해 분석되어졌다.

3. 결과 및 고찰

Table 1은 코크스 제조공정에서 발생하는 gas 정제설비의 탈류설비 세정기 유출수와 생물학적 폐수처리설비의 유입수의 폐수특성을 보여준다.

탈류설비 세정기 유출수의 COD, S^{2-} , SCN^{-} , CN^{-} 이온의 농도가 매우 높음을 알 수 있었다. 생물학적 폐수처리설비의 유입수의 오염물질의 농도가 탈류설비 세정기 후단과 비교하여 상대적으로 낮은 이유는 코크스정제설비의 흡수탑에서 물을 공급하여 암모니아를 제거하고 황화수소는 알칼리 용액에 흡수시킨 후 산소운반체를 이용해 포집탑에서 촉매에 의해 황화수소를 산화시켜 제거한 다음 포집탑에서 암모니아와 황화수소 흡수용으로 재사용하고 남은 폐액을 폐수처리장으로 이송되어 처리하기 때문이다.

그러나 미생물처리설비로 유입되는 코크스폐수 중에는 S^{2-} , SCN^{-} 이온이 여전히 높은 농도로 함유되어 있다는 것을 보여준다. 이러한 독성물질들은 혼합액에서 미생물 성장에 악영향을 주는 것은 물론 미생물활성을 저하시키고 침강성을 불량하게 하여 오염물질의 처리효율을 저하시키는 것으로 알려져 있다[8]. 특히 슬러지들의 침강성 불량은 최종 침전지에서 상정수와 슬러지를 분리시키는데 문제점을 유발시킬 뿐만 아니라, 미세한 플록이 유출 위어를 넘어 배출되기 때

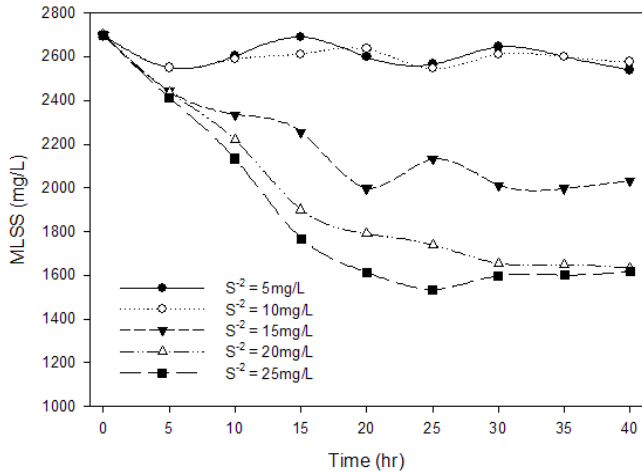


Figure 2. The variation of MLSS concentration with reaction time in the concentration of specific sulfide ion.

문에 유출수에 다량 함유되어 SS나 COD 증가에 대한 1차적인 원인이 된다. 따라서 본 연구는 S²⁻, SCN⁻ 이온의 농도가 폐수처리설비의 활성슬러지에 미치는 영향을 조사하였고 이에 대한 결과는 다음과 같다.

3.1. S²⁻에 대한 독성평가

본 실험에 사용된 시료는 코크스 제조공장 생물학적 폐수처리설비로 유입되는 원수와 유사한 합성폐수를 이용하였다. 생물학적 폐수처리설비의 유입원수를 분석한 결과 COG 정제공정의 S²⁻ 이온농도는 공정의 운전조건에 따라 변화하였으며, Table 1에 보여주는 바와 같이 6.8~13.2 mg/L로 나타났다. 실험에 사용된 합성폐수는 코크스 원 폐수의 특성과 유사하게 하기 위하여 COD값은 특급시약인 글루코코제 조사를 이용하여 약 1500 mg/L, SCN⁻ 이온은 KSCN 특급시약제조를 이용하여 200 mg/L로 제조하였다. 또한 S²⁻ 농도 변화에 대한 COD, SCN⁻ 저감 효율을 조사하기 위하여 특급시약인 Na₂S순도 제조사를 이용하여 S²⁻ 이온농도를 제조하였다. 제조된 합성폐수 중의 S²⁻ 이온농도를 5, 10, 15, 20, 25 mg/L로 단계적으로 조정해서 코크스공장 폐수처리장 유입 원 폐수의 S²⁻ 이온농도 변동에 대비하여 실험을 수행했다.

Figure 2는 S²⁻ 이온농도 변화에 따른 MLSS 농도 변화를 보여 준다. 그림에서 볼 수 있듯이 S²⁻ 이온농도가 5 mg/L, 10 mg/L가 함유되어 있을 경우 S²⁻ 이온이 미생물에 대한 영향이 미미하여 초기에는 미생물의 농도가 약간은 감소하였지만 시간이 경과함에 따라 미생물량이 증가되어 안정적으로 운전되고 있다는 것을 알 수 있었다.

폐수 중에 S²⁻ 농도가 15 mg/L가 되면 시간이 지남에 따라 미생물 농도가 감소하여 MLSS 농도가 초기 약 2700 mg/L였던 것이 15 h 후에는 2218 mg/L, 30 h 이후에는 1985 mg/L까지 감소하였다. S²⁻ 이온농도가 20 mg/L가 S²⁻에 대한 미생물의 영향을 더욱 민감하여 15 h이 경과하면 MLSS 농도가 1920 mg/L, 30 h 후에는 1650 mg/L까지 감소되었다. S²⁻ 농도가 25 mg/L가 S²⁻에 대한 미생물의 영향은 S²⁻ 이온농도가 20 mg/L와 유사한 경향을 나타냈다. 이는 코크스폐수 중에 S²⁻ 농도가 10 mg/L 이상이 함유되면 미생물 활성에 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있다. S²⁻ 이온농도변화에 대한 미생물의 영향을 조사 위하여 20 h에 도달하는 시점에서 SV₃₀값을 측정하였다. S²⁻ 각각의 농도에 대한 SV₃₀를 측정할 결과 S²⁻ 이온농도가 10 mg/L 이하에서는 SV₃₀값이 280~340 mL로 양호하게 나타났다. 반면에 S²⁻ 이온농도가 15 mg/L 이상에서는 SV₃₀가 560~680 mL로 나타나 플록들이 분상 상으로

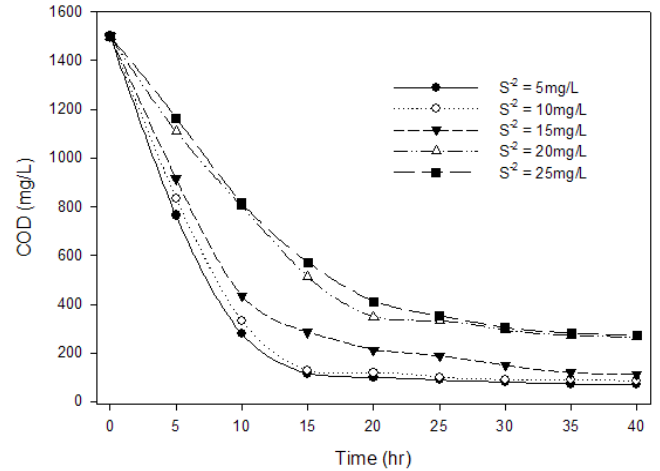


Figure 3. The removal efficiency of COD with the reaction time in the concentration of specific sulfide ion.

존재하여 부유하고 있어 침강성이 매우 불량했다. 이는 S²⁻ 농도가 증가할수록 침강성은 더욱더 악화되는 경향을 보여주었다. 따라서 폐수 중에 함유되어 있는 S²⁻ 이온농도가 15 mg/L 이상이 코크스 폐수에 독성물질이 함유되어 있으면 미생물 처리조에서 플록 해체 현상을 유발시키고 미생물에 대한 이상 현상을 초래할 수 있다고 판단되었다.

Figure 3은 특정 S²⁻ 이온농도에서 반응시간 변화에 따른 COD 저감 효과를 보여 주고 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 S²⁻ 이온농도가 5 mg/L, 10 mg/L에서는 S²⁻ 농도 대비 미생물의 영향이 미미하여 초기 약 1500 mg/L의 COD가 10 h만 경과하여도 각각 246 mg/L, 325 mg/L까지 급격하게 저감되었으며, 30 h 이후에는 100 mg/L 이하까지 안정적으로 제거되는 것을 알 수 있었다. S²⁻ 농도가 15 mg/L에서는 10 h 경과할 때 COD가 432 mg/L로 나타났으며, 30 h 이후에도 COD값이 149 mg/L로 나타나 S²⁻농도가 미생물 활성에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 이러한 경향은 S²⁻ 이온농도가 20 mg/L, 25 mg/L일 때 한층 더 미생물활성에 영향을 주어 10 h이 경과하여도 COD가 각각 801 mg/L, 815 mg/L로 나타났으며, 30 h이 경과하더라도 COD값이 각각 294 mg/L, 304 mg/L로 나타나 S²⁻ 이온농도가 미생물 활성에 많은 영향을 주어 COD 제거가 어렵다는 것을 알 수 있었다.

Figure 4는 COD가 1500 mg/L이고, 특정 S²⁻ 이온농도에서 반응시간에 따른 SCN⁻의 저감효율을 보여 주고 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 S²⁻ 이온농도가 5 mg/L, 10 mg/L에서는 SCN⁻ 이온농도가 초기 200 mg/L에서 15 h이 경과하면 각각 21 mg/L, 24 mg/L까지 급격하게 저감되며, 30 h이 경과하면 10 mg/L 이하로 안정적으로 저감됨을 알 수 있었다.

S²⁻ 이온농도가 15 mg/L에서는 30 h까지 SCN⁻ 저감에 영향을 주었으나 30 h 이후에는 SCN⁻ 농도가 14 mg/L 이하로 안정적으로 제거되는 것을 알 수 있었다. S²⁻ 이온농도가 20 mg/L 이상에서는 30 h이 경과하더라도 SCN⁻ 저감에 영향을 주었다. 30 h 이후에는 SCN⁻ 농도가 14 mg/L 이하로 안정적으로 제거되는 것을 알 수 있었다. 따라서 S²⁻ 이온농도 변화에 대한 SCN⁻ 저감효율은 다른 오염물질과 대비하여 상대적으로 적게 영향을 미침을 알 수 있었다.

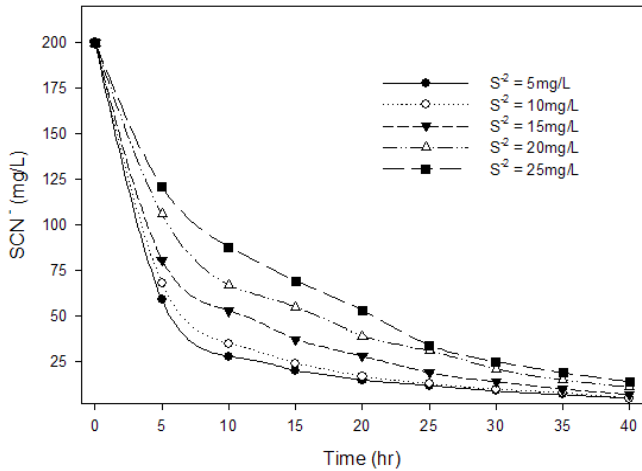


Figure 4. The removal efficiency of SCN⁻ with the reaction time in the concentration of specific sulfide ion.

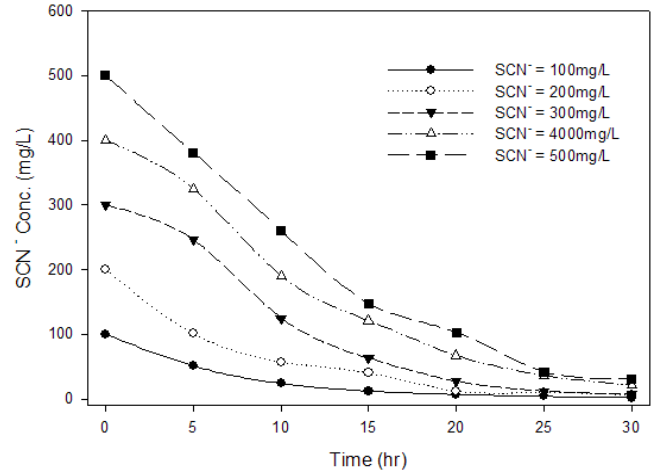


Figure 6. The variation of SCN concentration with reaction time in the concentration of specific SCN.

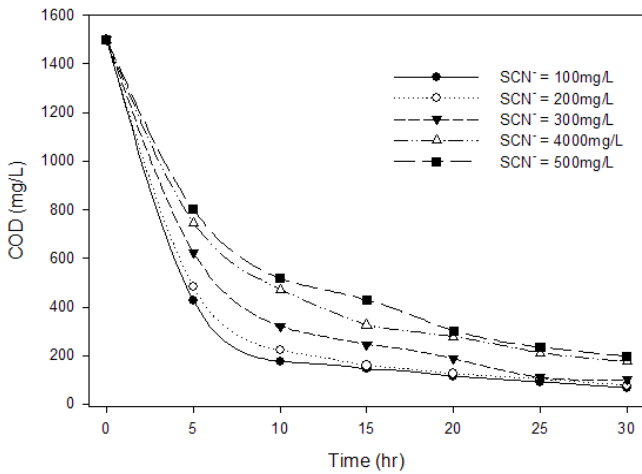


Figure 5. The variation of COD concentration with reaction time in the concentration of specific SCN.

3.2. SCN⁻에 대한 독성평가

코크스공장 폐수처리설비로 유입되는 원 폐수 중의 SCN⁻ 농도는 코크스가스 정제를 위한 조업조건에 따라 200 mg/L 전후로 함유되어 들어오고 있다. 따라서 SCN⁻에 의한 미생물 활성에 대한 영향을 조사하기 위하여 KSCN 표준시약을 이용하여 폐수 중 SCN⁻ 농도를 100, 200, 300, 400, 500으로 각각 조정한 후 실험을 수행했다.

Figure 5는 일정 반응시간에서 SCN⁻ 농도변화에 따른 COD 저감 경향을 보여주고 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 SCN⁻ 농도가 100 mg/L, 200 mg/L일 때 초기 COD가 1500 mg/L인 폐수가 10 h 경과할 때 각각 176 mg/L, 221 mg/L 까지 제거되고, 30 h이 경과될 때에는 68 mg/L, 77 mg/L로 안정적으로 제거할 수 있었다.

SCN⁻ 농도가 300 mg/L일 때 10 h 경과할 때 COD가 319 mg/L까지 제거되어 제거효율이 약간의 미흡했지만, 30 h이 경과될 때에는 98 mg/L로 안정적으로 제거할 수 있었다. 그러나 SCN⁻ 농도가 400 mg/L, 500 mg/L일 때 10 h 경과시 COD값이 각각 472 mg/L, 517 mg/L로 저감효율이 미흡했으며, 30 h이 경과되더라도 COD값이 각각 176 mg/L, 198 mg/L로 제거효율이 미흡했다. 이는 SCN⁻ 농도가 400 mg/L

이상이 존재하면 폐수처리설비의 미생물활성에 부정적인 영향을 주며, 코크스폐수 중 COD를 안정적으로 제거하기 위해서는 유입 원 폐수의 SCN⁻을 가급적 400 mg/L 이하로 관리해 주어야 한다는 것을 알 수 있었다. SCN⁻ 이온 농도에 대한 미생물영향을 파악하기 위하여 반응시간이 20 h에 도달하는 시점에서 SV₃₀값을 측정하였다. SCN⁻ 이온 농도가 300 mg/L 이하에서는 SV₃₀값이 245~320 mL로 매우 양호한 값을 보여주었다. 반면에 SCN⁻ 이온농도가 400 mg/L 이상에서는 SV₃₀값이 470~567 mL 값을 나타냈으며, 이때 형성되는 플록들이 분산상으로 존재하여 침강성이 불량했다.

Figure 6은 반응시간에 따른 각각의 SCN⁻의 농도별 SCN⁻ 저감속도를 보여준다.

초기 SCN⁻의 농도가 100 mg/L, 200 mg/L일 때에는 10 h만 경과하더라도 100 mg/L, 200 mg/L의 SCN⁻의 농도가 24 mg/L, 57 mg/L까지 제거되었으며, 30 h이 경과될 때에는 2 mg/L, 5 mg/L까지 매우 안정적으로 제거되었다.

SCN⁻의 농도가 300 mg/L일 때에는 10 h 경과할 때 SCN⁻의 농도가 125 mg/L까지 제거되어 미생물활성에 약간의 영향을 주었지만, 30 h이 경과될 때에는 7 mg/L까지 비교적 안정적으로 제거되었다. SCN⁻의 농도가 400 mg/L, 500 mg/L일 때에는 10 h 경과할 때 SCN⁻의 농도가 각각 190 mg/L, 261 mg/L까지 제거되었으며, 30 h이 경과되더라도 SCN⁻의 농도가 각각 21 mg/L, 32 mg/L로 남아있어 400 mg/L 이상의 SCN⁻의 농도는 미생물에 의해 처리하기가 어렵다는 것을 보여주었다.

4. 결 론

본 연구에서는 코크스공장에서 발생하는 가스를 정제하는 과정에서 탈유설비의 Tail Gas를 대기오염방지 측면에서 소각로에서 소각시키지 않고 공정 내로 재순환시킴으로 인해 발생하는 폐수의 특성을 규명하고 폐수를 안정적으로 처리하기 위한 최적 운전조건을 도출하였다. Tailing Gas를 공정 내로 재순환함으로 발생된 코크스 폐수 중에는 미생물에 유해한 S²⁻, SCN⁻이 각각 6.8~11.2 mg/L, 190~320 mg/L로 높은 농도로 함유되어 있었다. S²⁻ 이온농도가 5~10 mg/L 함유되어 있는 경우 활성슬러지의 SV₃₀값이 280~340 mg/L로 양호하게 나타났다. 반면에 S²⁻ 이온농도가 15 mg/L 이상에서는 SV₃₀값이 560~680 mg/L로 나타났다. 이는 S²⁻ 이온농도가 15 mg/L 이상으로 코크스폐수에 함유되어

있으면 생물학적 폐수처리 시설에서 플록 해체현상을 유발시키고 미생물에 독성물질로 작용한다는 것을 알 수 있었다.

특정 S²⁻ 이온농도에서 반응시간 변화에 따른 COD 저감실험을 한 결과 S²⁻ 이온농도가 5 mg/L, 10 mg/L에서는 초기 약 1500 mg/L의 COD를 30 h 이후에는 100 mg/L 이하까지 안정적으로 제거할 수 있었다. 그러나 S²⁻ 농도가 15 mg/L 이상으로 폐수 중에 함유되어 있으면 처리시간이 30 h이 경과하더라도 COD값이 각각 294 mg/L, 304 mg/L로 나타나 S²⁻ 이온농도가 미생물 활성화에 많은 영향을 주어 COD제거가 어렵다는 것을 알 수 있었다. SCN⁻ 농도가 100 mg/L, 200 mg/L일 때 초기 COD가 1500 mg/L인 폐수가 30 h이 경과될 때에는 68 mg/L, 77 mg/L로 안정적으로 제거할 수 있었다. 그러나 SCN⁻ 농도가 300 mg/L 이상일 때는 30 h 동안 반응시간이 경과하더라도 COD값이 각각 176 mg/L, 198 mg/L로 제거효율이 미흡했다. 따라서 코크스공장 가스정제 공정에서 발생하는 폐수를 효율적이고 안정적으로 처리하고 미생물 활성을 양호하게 유지하기 위해서는 S²⁻와 SCN⁻ 이온농도를 각각 15 mg/L, 400 mg/L 이하로 유지해주어야 한다는 것을 알 수 있었다.

감 사

이 논문은 2013학년도 김포대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

1. J. Suschka, J. Morel, S. Mierzwinski, and R. Januszek, *Water Sci. Technol.*, **29**, 69 (1994).
2. D. A. Stafford and A. G. Calley, *J. Gen. Microbiol.*, **55**, 289 (1969).
3. M. K. Ghose, *Water Res.*, **36**, 1127 (2002).
4. Y. M. Kim, D. Park, D. S. Lee, and J. M. Park, *J. Hazard. Mater.*, **141**, 27 (2007).
5. C. A. Papadimitriou, X. Dabou, P. Samaras, and G. P. Sakellariopoulos, *Global NEST Journal*, **8**, 16 (2006).
6. C. Staib and P. Lant, *Biochem. Eng. J.*, **34**, 122 (2007).
7. S. S. Kim and H. J. Kim, *Korean J. Chem. Eng.*, **20**, 1103 (2003).
8. K. Karan, A. K. Mehrotra, and L. A. Behie, *Can. J. Chem. Eng.*, **77**, 392 (1999).
9. J. G. Kim, *RIST Res. J.*, **20**, 2 (2006).
10. APHA, *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater*, 19th Ed., Washington D. C. (1996).