

세척액 중의 막여과 및 유수분리 공정을 이용한 오일 및 입자 제거에 관한 연구

박학순, 추광호*
경북대학교 환경공학과

Removal of Oil and Particles from Cleaning Solutions Using Membrane Filtration and Oil-Water Separation Processes

Hak-Soon Park, Kwang-Ho Choo*
Department of Environmental Engineering, Kyungpook National
University

1. 서 론

최근 금속 가공공정에 있어서 고품질의 정밀한 제품을 생산할 수 있는 기술력 확보가 기업의 생존을 위한 과제로 대두되고 있다. 금속가공 공정에 있어서 절삭, 광택, 압연, 열처리 등의 공정에서 가공 능률이나 정밀도 향상을 위해 친수성 및 소수성의 절삭유가 사용되고 이러한 오일과 함께 각종 기계에서 유출되는 유압작동유, 그리스 및 미세 칩 등이 제품에 함께 묻어 나온다[1]. 이러한 친수성·소수성 오일 및 미세 칩이 완전히 제거되지 않고 다음 공정으로 넘어갈 경우 가공성에 영향을 주어 제품의 정밀도를 떨어뜨리고, 공구의 수명을 단축시킬 뿐 아니라 잔류 오일이 부패함에 따라 악취 발생 및 작업환경 악화를 초래한다[2].

세척공정은 제품을 상품화하기 위한 최종 도색작업이나 광택단계에서 이용될 뿐만 아니라, 정밀한 가공을 위하여 공정과 공정사이에 위치하여 이전 공정에서 발생한 잔여 이물질이 남아있지 않도록 하여 다음 공정에서의 정밀가공을 가능하게 한다. 금속 가공 공정 특성에 따라 100~1,500 L/min의 막대한 유량의 세척수를 사용하기 때문에 일반적으로 세척수를 한번 사용하고 방류하는 것이 아니라 유수분리 과정을 거치고 수회 재사용 후 오염물질의 농도가 일정 농도 이상으로 올라가면 세척액을 폐기하고 새 세척액으로 교환한다. 세척액 사용량이 증가하면서 폐세척액의 양도 증가하고

있으며[3], 오일 및 그리스의 함량이 높은 금속 가공 폐세척액은 수계에 유입되어 주요한 오염물질로 작용한다[4]. 세척액 탱크 내에 장시간 잔류하는 오일 및 미세 칩은 부패하여 악취를 발생하거나 세척력의 감소를 가져오며, 이로 인해 세척액의 교환주기가 짧아지는 결과를 초래한다. 초기에는 세척액에 의해 씻겨 나온 수용성 절삭유제가 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* 등의 호기성균에 의해 부패를 유발하고, 시간이 지날수록 저장 탱크 바닥부분에 형성되는 혐기성 조건으로 인하여 가라앉은 칩 등에 묻어있는 소수성 오일이 혐기성 미생물에 의해 분해되면서 발생하는 가스로 인하여 pH 저하 및 악취를 유발한다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제를 해결하여 세척액의 수질 및 교환주기를 향상시키고자 막분리 공정 및 유수분리 공정을 적용하여 오일 성분과 입자를 제거하고자 하였으며, 운전 조건에 따른 제거 효율을 고찰하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 실험은 세척액 중 존재하는 오일 및 입자 제거를 위하여 대구시 달성군 달성 산업 2차 단지 내에 있는 현대·기아 자동차 부품 제작업체에서 채취하였으며, 새 세척액 교환 후 30 일이 지난 세척액을 채취하였다. 채수는 사용된 세척수를 1차 스크린과 오일 스키머 과정을 거친 탱크의 중·하위 부에서 이루어졌으며, 시료 분석시 균일한 시료 채취를 위하여 교반기로 500 rpm으로 혼합하였다. 탁도는 탁도계(2100N, Hach, USA)를 이용하여 측정하였으며, pH는 pH 측정기(pH 340i, WTW, Germany), 전기전도도는 전기전도도계(model 105, TermoOrion, USA), COD는 크롬 산화법이 적용되었고 흡광도계(DR4000, Hach, USA)를 이용해 측정하였다. 실험에 사용된 막은 중공사 형 polypropylene 재질로 세공 크기가 7 μm 이다(우리텍, 한국).

실험 장치는 두 단계로 이루어져 있는데, 우선 오일분리를 위하여 총 부피 9.2 L의 분리조 중앙에 분리판을 두고 분리능 향상을 위하여 원형 에어디퓨저(Airdisk, 대양, 한국)를 넣어 공기량 945 mL/min으로 운전하였다. 유수 분리를 거친 세척액은 유효 표면적 45.2 cm^2 인 중공사 모듈에 운전압력을 각각 1, 2, 3 atm으로 여과를 하였으며, 운전 사이에 800 mL로 역세를 한 후, 초순수 플럭스를 3회 측정하였다. 오일 함량 측정 및 부유물질 농도 측정은 수질환경공정시험법을 따랐다. 실험은 회분식으로 진행하였으며 반응조내 원수가 3회 순환하도록 운전하였다.

3. 결과 및 고찰

단순한 오일과 물의 비중차를 이용한 분리판을 이용한 장치의 오일 제거능을 향상시키고자 폭기기를 두어 폭기가 오일 제거에 미치는 영향을 살펴본 결과는 다음과 같다(Fig. 1).

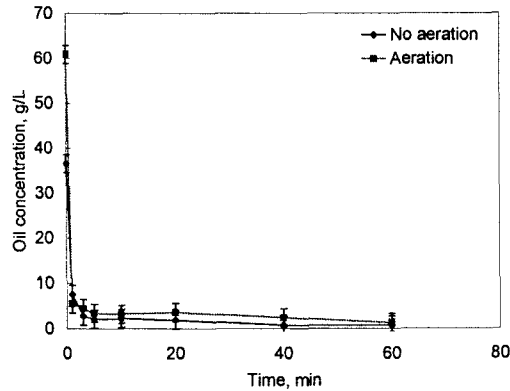


Fig. 1. Variation of oil concentration in oil/water separation effluents with and without aeration.

Fig. 1.에서와 같이 최종 오일의 농도는 오히려 폭기를 할 경우가 약간 더 높게 나타났지만, 폭기가 있는 경우가 없는 경우보다 초기의 짧은 시간 동안에 오일의 감소에 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 단시간 내에 많은 양의 오일을 분리해야하는 공정에서는 폭기를 해 주는 것이 더 효과적일 것이라 사료된다.

또한 입자 제거를 위한 분리막 공정의 적용에 앞서 적정 운전 압력을 도출하기 위하여 경제성을 고려하여 각각 1, 2, 3 atm의 압력으로 정압운전을 하여 투과유량의 변화를 살펴보았다(Fig. 2). Fig. 2에서 보는 바와 같이 운전 초기에 급격하게 투과 유량이 감소했으며, 운전 압력이 높아질수록 압력이 떨어지는 경향이 다소 개선되는 경향을 나타냈다. 초기 원수의 탁도는 768 NTU, COD_{cr} 은 11420 mg/L, 그리고 SS는 13483 mg/L였는데, 이를 바탕으로 처리수의 탁도, COD 및 SS의 변화를 살펴본 결과는 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 운전 압력에 관계없이 세척액 내 존재하는 입자는 상당부분 제거되었으며(>97%), 탁도 유발 물질도 상당부분 제거가 되는 것으로 나타났다(>78%).

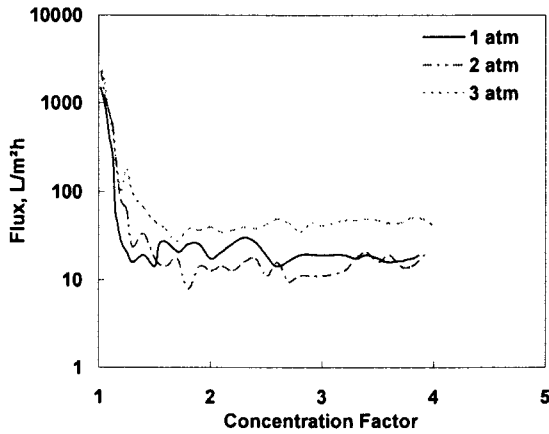


Fig. 2. Variation of microporous filter fluxes at different pressures.

Table 1. A summary of membrane filtrate qualities

Operating pressure, atm	Turbidity, NTU	COD _{cr} , mg/L	Suspended solids, mg/L
1	167	1596	325
2	158	1491	330
3	170	1632	416

4. 참고 문헌

1. 김종표, 전명석, 김재진, 정건용, 전성덕, "오일 함유 세척수의 한외여과 처리에서의 역세척에 관한 실험연구", *멤브레인*, **8**, 94 (1998).
2. L. Chen, C. C. Hsieh, J. Wetherbee, and C. L. Yang. "Characteristics and treatability of oil-bearing wastes from aluminum alloy machining operations", *J. Hazard. Mater.*, **152**, 1220 (2008).
3. R. Lilja and S. Liukkonen, "Industrial hazardous waste in Finland-trends related to the waste prevention goal", *J. Clean Prod.*, **16**, 343 (2008).
4. H. J. Li, Y. M. Cao, J. J. Qin, X. M. Jie, T. H. Wang, J. H. Liu, and Q. Yuan, "Development and characterization of anti-fouling cellulose hollow fiber UF membranes for oil-water separation", *J. Membr. Sci.*, **297**, 328 (2006).