

왕겨를 필터로 하는 고액분리기의 성능에 관한 연구

김기선* · 이호근**

Performance Study of Separator for Solid and Liquid using Rice Chaffs

Key-Sun Kim* and Ho-Guen Lee**

요약 본 연구에서는 축산에서 발생하는 분뇨의 슬러지를 고체와 액체로 분류하는 장치를 개발하기 위한 논문이다. 필터의 재료는 농촌에서 쉽게 구할 수 있는 왕겨를 사용하였으며 제안한 고액 분리기의 성능을 실험적으로 도출하였고, 필터두께와 왕겨 입자 크기 및 주입 압력에 따른 배출량으로 나타냈다. 이 연구에서 고액 분리기의 최적 설계조건을 구한 후 이를 토대로 왕겨를 이용한 고액 분리기의 성능을 평가한 결과 좋은 성능을 얻었다.

Abstract The paper presents the development of separating system from the slash with solid and liquid. The materials of filter are used rice chaffs, which are widely found in the agricultural village. The performance of separator is experimentally shown through new developed measurement apparatus. The flow rates of the system are evaluated by changing the inlet pressure of slash, thickness of filter and size of particle concentration of rice chaffs. In this work the optimal design parameters can be obtained for the separator for solid and liquid. And in the results rice chaffs filter improve the performance of separator for solid and liquid.

Key Words : Rice chaffs, Separator, Slash, Agricultural village

1. 서론

최근 환경오염원에 대한 단속이 강화되고 유기질 비료의 수요가 증가되면서 가축분뇨 처리의 효율적인 방안 에 대한 연구가 절실하게 요구되고 있다. 축산농가의 분뇨는 유기물 함유량이 높고 부패성이 강하므로 직기에 제거해 주어야 하나 현재는 수분의 농도를 줄이기 위한 현지의 탈수 공정이 개발되지 않아 전량을 대단위 공장으로 운송하거나, 수역원이 소모 되어 톱밥을 축사에 깔아 유기질비료의 원료를 얻는 시설을 갖추고 있을 뿐이다[1].

그러나 기존에 개발된 축산분뇨용 고액 분리기를 이용하는 방법은 다음과 같은 문제점을 갖고 있다. 우선 화학약품에 의한 응집방법은 공정의 복잡화 및 운용비용의 고가로 대단위 정화 시설에 적합하나 방대한 시설이어서 영세농가에서는 부적합하다[2]. 다음으로, 원심력에 의한 탈수 방법이 있으며 이는 운용비용 고가로

현장에서 가축 분뇨처리에는 부적합하며, 특히 기존 필터는 고가 일뿐 아니라 눈막힘이 심하여 빈번한 교환 때문에 가축용으로 부적합하며 제약용 등에 사용된다. 셋째로 프레스에 의한 압착방법은 별도 프레스 동력원이 필요하고 연속공정이 불가능하여 부적절하다[3]. 마지막으로 이를 대응할 시책으로 정부에서는 톱밥 돈사 발효시설을 권장하고 시범단지를 조성하고 있으나 다음과 같은 문제점을 안고 있다. 6개월 정도의 장기간 축사 바닥에 깔아야 하므로 환경오염 및 기생충으로 인한 병균감염이 우려되며, 설비비가 1억 이상의 고가로써 영세 축산업자들이 구입하기에는 어려움이 많다.

본 개발의 궁극적인 목적은 농촌에서 쉽게 구할 수 있는 왕겨를 이용하여 가축분뇨를 현장에서 직접 분과 뇨를 분류하고 그 슬러지를 유기질비료의 원료를 생성할 수 있는 저렴한 장치를 개발하는데 목적이 있다. 따라서 이번 연구에서는 기존 고액 분리의 필터가 눈막힘으로 인하여 축산용에 적용하지 못하는 것을 해결하기 위해 손쉽게 현장에서 구할 수 있는 왕겨를 사용하여 연속적으로 새로운 필터가 되도록 하는 장치를 개발하였으며 그 성능을 평가 하였다.

*천안공업대학 기계공학과

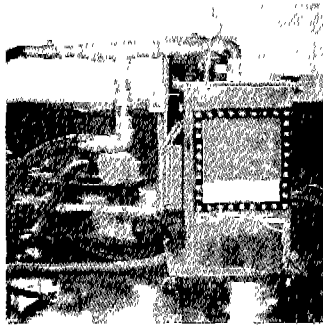
**대덕대학 다이어공학과

본 논문은 중소기업청 기술혁신개발 프로그램으로 (주) 핀택의 의뢰에 의하여 개발하였으며 고액분리기의 필터를 왕겨를 이용하여 연속적으로 공급할 수 있는 시스템으로 제안하였다. 이 시스템은 축산농가에서 분뇨의 고액분리 처리시설에 적용된다.
(Tel: 041-550-0246)

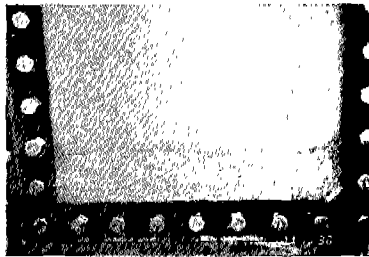
2. 선행 실험

2.1. 예비 실험 방법

예비 실험에 사용된 장치 구성은 Figure 1와 같이 오수탱크에 저장된 슬러지물 펌프를 통하여 왕겨 필터 실험장치에 공급되며 펌프압에 의하여 압축이 되도록 하였으며 그 구성도가 Figure 2에서 보이고 있다. 왕겨 필터 시험기에서 압력과 유량을 측정하였으며, 측정방법은 압력 및 유량센서에서 감지하여 A/D컨버터를 거쳐 컴퓨터에서 실시간 모니터링이 이루어짐과 동시에 저장하였다[4-6]. data는 자체 개발할 프로그램을 통하여 처리하였고 그 결과는 Figure 3과 같다. 오수는 편이성을 고려하여 측사 분뇨와 유사한 황토흙으로 하였으며 물



(a) 예비 실험장치 연결도



(b) 왕겨 필터 중

Figure 1. 예비 실험 장치.

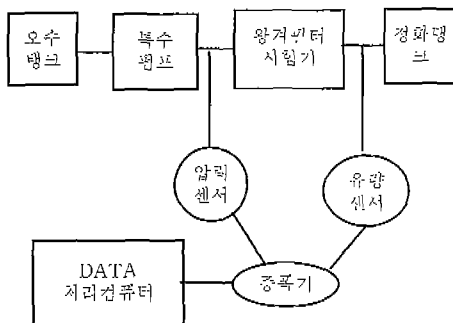


Figure 2. 예비 실험 장치 구성도.

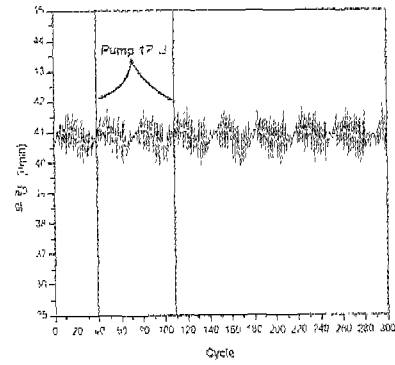


Figure 3. 압력 측정결과.

과의 비율을 8 : 2로 하여 실험하였고, 오수공급을 쌍원동 펌프에 의하여 유량을 조절할 수 있도록 하였다. 사용된 펌프는 동력이 3PS, 1250 rpm에서 양정이 50 cc/min인 슬러지 이송용 특수 쌍원동 펌프를 사용하였다.

2.2. 예비 실험 결과

왕겨가 원소재의 1/2~1/5 크기로 분쇄되어 1차 파쇄 입자로 하였으며, 이걸 다시 파쇄기에 넣어 2차 파쇄한 결과 0.1~0.8 mm 정도의 가는 입자로 된 왕겨를 소재로 정화되어 투과되는 액체의 양을 시험한 결과다[7].

Figure 4는 내부압력 1 kgf/cm² 조건하에서 왕겨의 두께가 증가함에 따라 여과하여 투과하는 양을 측정하였으며, 필터로 사용한 왕겨는 1차 파쇄 후 2 mm의 체로 걸러낸 왕겨를 사용하였다. 그림과 같이 필터두께 100 mm에서 5.7 cc/cm²·min로 정화되었으나 20 mm에서는 12.6 cc/cm²·min을 보여 2.2배의 양이 증가한 것이 확인 되었다 결국 두께 증가에 따라 직선으로 투과량이 감소함을 보였으며 그 기울기는 0.087이었다.

Figure 5 내부압력이 증가함에 따라 여과하여 투과하는 양을 측정하여 나타낸 것으로, 필터로 사용한 왕겨는 1차 파쇄 후 2 mm의 체로 걸러낸 왕겨를 60 mm 필터로 사용하였다. 보이는 바와 같이 압력을 주지 않고 대기압 상태에서의 양은 3.3 cc/cm²·min로 정화되었으나 3 kgf/cm²의 압력 하에서는 30.8 cc/cm²·min을 보여, 정화된 양이 10배 정도 증가한 것이 확인되었다. 따라서 내부압력이 증가에 따라 급격한 선형적 곡선으로 투과량이 증가함을 보였으며 압력 대비 필터의 유량에 대한 증가 기울기는 9.586이었다. 내부압력 1 kgf/cm² 조건하에서 파쇄된 왕겨의 입자직경의 크기에 따른 투과하는 양의 변화에 대하여 측정하였으며 그 결과는 Figure 6과 같다.

이때의 내부 압력은 1 kgf/cm²로 일정하게 유지하여

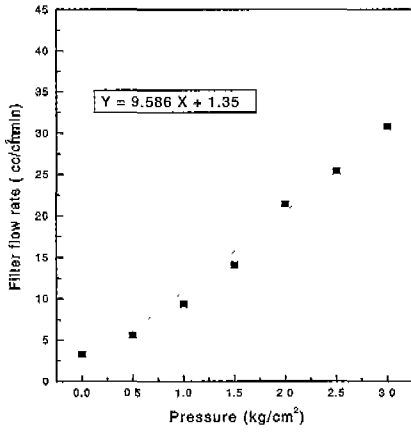


Figure 4. 필터의 두께 대 투과량.

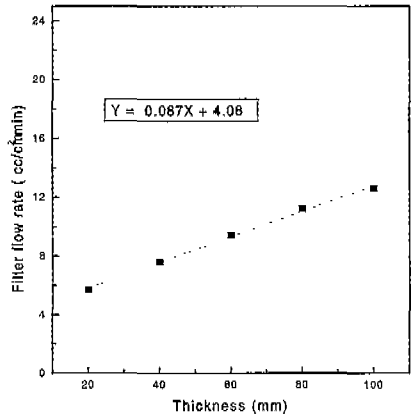


Figure 5. 내부압력 대 투과량.

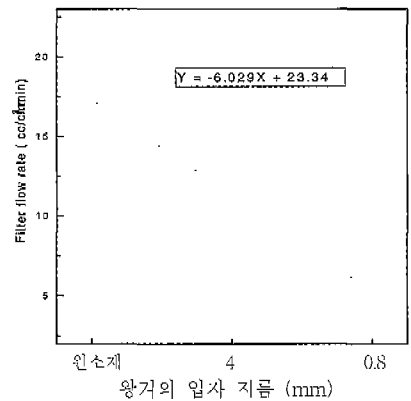


Figure 6. 왕겨의 입자크기 대 투과량.

실험하였다. Figure 6과 같이 과쇄하지 않은 왕겨인 경우 18.2 cc/cm²·min로 정화되었음을 알수 있었다. 입자의 지름이 0.8 mm 이하에서는 6.2 cc/cm²·min을 보여 정화되는 양이 34%로 감소하는 것이 확인되었다. 입

자의 크기가 작을수록 완만함을 보였으며 그 평균기울기는 6.029로 감소되었다. 본 실험을 통하여 왕겨의 입자가 클수록, 내부 압력이 높을수록 투과량은 많으나 필터의 능력은 반대의 현상을 보였다.

3. 설계 파라메타 선정

기초 연구로서 내부 압력 변화 및 왕겨의 두께, 왕겨의 입자 크기에 따른 왕겨의 필터능력을 시험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

내부 압력이 1.3 kgf/cm²보다 낮은 경우는 일정한 형태의 표면을 볼 수 있으나 압력이 높아짐에 따라 필터 표면의 중앙 부분이 파괴되어 구멍을 형성함을 보였으며, 이를 줄이기 위해서는 노즐 설계 시 분출방향을 분산시키는 동시에 간접분사방법이 적당함을 확인하였다.

왕겨의 상층부에 형성된 때가 필터된 오수 층으로 슬러지가 왕겨의 표면 층에만 침투하고 안쪽까지는 침투하지 않는 것을 확인하였으며 이는 왕겨의 두께를 작게 하여도 필터 기능을 수행할 수 있음을 알 수 있다.

향후 연구과제로 왕겨를 필터로 하는 고액 분리기를 개발 하고자 할 때 분료 처리에 가장 적합한 설계 파라메타는 왕겨의 입자크기를 2 mm이하로 분쇄하고 두께를 60 mm로 하며 내부압력을 2 kgf/cm²이하로 하는 것이 적당함을 알 수 있었다.

4. 설계 및 제작

본 연구에서 제안한 고액분리기의 형태 및 그림은 Figure 7과 같으며 각 구동부의 설계 및 제작을 다음과 같이 하였다.

- 구동 부분

왕겨 공급을 위한 screw구동용으로 사용한 motor는 3HP, 1750 rpm을 사용하였으며, 감속기는 1:120 비율로서 15 rev/min 회전할 수 있도록 하였고, 감속기와 motor는 V-Belt를 사용하여 동력전달을 하였다.

- 왕겨 투입 호퍼

왕겨 투입호퍼는 투입시 30° 정도 주어 자연스럽게 공급되도록 경사를 주었으며 직접 screw에 공급되도록 설계하였다.

- 본 체

본체는 두께가 6 mm인 철판을 원형 제작한 것으로

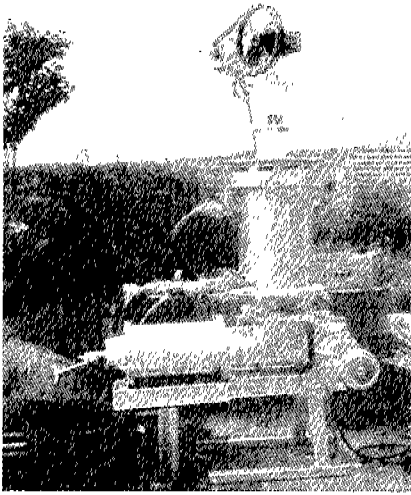


Figure 7. 고액분리기 개발 제품.

외경은 400 mm, 길이 900 mm로 제작 하였으며, 내부 면은 마찰을 줄이기 위하여 비평저리와 하부에 공급오수를 주입할 수 있도록 노즐을 screw가 사이에 설치하였다.

- 슬러지 분리 Screw

슬러지 배출구 장치는 왕겨 함수를 낮추기 위하여, screw에 간속장치 1 : 60을 부착하였고, Screw의 외경은 190 mm, 길이 700 mm를 사용하였으며, 탈수시 짜여진 오수를 처리하기 위하여 탈수망($\phi 200 \times L500 \text{ mm} \times \text{구멍 } 2 \text{ mm}$)을 설치하여 일부 오수를 by pass시켜 함수율을 조정하였다.

- 이송용 쌍원통 펌프

슬러지를 탱크에서 고액분리기를 내부에 송출하기 위한 특수펌프로 압력을 조절할 수 있도록 bypass Line을 설치와 회전속도를 조절할 수 있도록하였다. 특수펌프는 세계특허품으로 (주) 필택의 주생산품인 비회전용 요동형 슬러지 이송펌프를 사용하였다.

- 전기제어 장치

동력은 380 V, 10 kw의 모터를 사용하였으며 유량을 조절하기 위하여 인버터를 설치하였다.

5. 성능 실험 결과

성능시험은 오수탱크에서 펌프로 이송하여 고액분리기 본동에 보내지며 펌프에 의하여 압축된 오수는 왕겨 필터를 통과하여 상부를 흐리게 되고, 슬러지는 하부의 스



Figure 8. 슬러지 분리 결과.

크류에 의하여 탈수되게 하였다.

예비 연구를 통하여 얻은 설계 파라메타를 근거로 Figure 7과 같이 제작하여 성능 실험을 한 결과 Figure 8과 같이 고체와 액체가 잘 분리되는 것을 확인할 수 있었으며, 본 실험 결과를 전문시험기관인 (주)대한환경공사에 최종검증을 의뢰한 결과 Table 1 및 2와 같은 결과를 얻었다.

Table 1은 슬러지의 함수율과 처리 용량을 나타낸다. Sludge와 함수율은 Table 1에서와 같이 49.82%로 양호한 결과를 보이고 있다. 또한 개발품의 처리 용량을 살펴보면 Motor sludge 이송회전속도, 왕겨이송속도로 작동시켜 1시간 동안의 sludge 처리 용량을 측정한 결과 1.2 Ton/hr을 얻어, 본 과제의 목표치 1.0 Ton/hr 이상을 얻을 수 있었다.

Table 2은 SS 26000 mg/ℓ, COD 14356 mg/ℓ, BOD 41800 mg/ℓ의 원액을 가지고 본 개발품에 투입시켜 고액분리한 결과이다. 이때 사용한 왕겨는 파쇄를 하지 않은 원자재 그대로 투입되었으며 그때 결과는 Table 2

Table 1. 슬러지 함수율

항 부	결 과 치
처리 용량	1.2 Ton/hr
함 수 율	49.82%

Table 2. 고액 분리 결과

종류	원 소 재	개발 결과	
		입 왕겨	파쇄 왕겨
SS	26000 mg/ℓ	3900 mg/ℓ	1500 mg/ℓ
COD	14356 mg/ℓ	3783 mg/ℓ	1474.4 mg/ℓ
BOD	41800 mg/ℓ	12700 mg/ℓ	5440 mg/ℓ

의 원 소재 왕겨의 필터를 사용한 결과와 같이 COD 3783 mg/ℓ, SS3900 mg/ℓ, BOD 12700 mg/ℓ로 정수 되어 양호한 결과를 얻었다. 또한 이 정수된 액을 다시 2차로 투입시켜 정수한 결과가 2차 필터 결과이다. 이때 투입한 왕겨는 원소재의 1/2~1/5 크기로 분쇄하여 필터로 사용하였으며 그 결과 SS 15000 mg/ℓ, COD 1474.4 mg/ℓ, BOD 5440 mg/ℓ로 향상 되었다.

따라서 본 연구를 통해 고안된 시스템은 양호한 고액 성능을 발휘함을 보였다.

6. 결 론

본 연구에서는 왕겨를 이용하여 가축분뇨를 현장에서 직접 분과 뇨를 분류하는데 목적이 있다. 따라서 이번 연구에서는 기존 고액 분리의 필터가 눈막힘으로 인하여 축산용에 적용하지 못하는 것을 해결하기 위해 손쉽게 현장에서 구할 수 있는 왕겨를 사용하여 연속적으로 새로운 필터가 되도록 하는 장치를 제안하여 성능 시험을 행하였으며 다음과 같은 효과를 얻었다.

1) 기존 수입품인 칩전식 고액분리기의 경우 약 1억 5천만원의 시설비와 칩전 첨가물을 연속적으로 공급 하여야 하나 본 제안품은 200만원 대의 저가이다.

2) 기존 방법의 가장 큰 애로기술은 연속공정이 불가능하여 필터의 눈막힘으로 자주 교환해야하나, 본 제안 품은 특수 송출펌프로 직접압축이 되어 연속 공정을 할 수 있어 이를 해결하였다.

3) 압력은 펌프의 속도(펌프의 속도 가변)와 노즐조정 장치 및 왕겨제어 장치에서 조정토록 하여 가변할 수 있는 시스템으로 개발하였다.

4) 영세 축산가구 현지에서 가축 분뇨를 분리할 수 있어 환경오염, 악취 및 기생충으로 인한 병균감염 문제를 해결하였다.

참 고 문 헌

- [1] 한국농촌경제연구원, “가축양돈 및 축산폐수처리 대책에 관한 연구.” pp. 173, 1990.
- [2] 국립종축원, “외국의 축산 폐수처리 시설 대책”, pp. 330~335, 농림수산부.
- [3] 木多勝男, “家畜糞の粒子分布にこの研究”, 日本農機誌 40권 4호, pp. 565~569, 1996.
- [4] Irving Grand, Fluid Mechanics, pp. 45~49, 1998, Prentice-Hall Inc.
- [5] Katsuhiko Ogata, System Dynamics, Prentice-Hall, Inc., pp. 237~239, 1987.
- [6] Rolf H. Sabersky, Fluid Flow, Macmillan Company, pp. 231~240, 1992.
- [7] 김기선 외, “왕겨를 이용한 필터의 성능연구”, 산업기술교육학회, 6권 1호, 2001.