

치차의 형상에 따른 폐골자재 선별기 성능 평가

A Study on the Effect of Various Shapes of Gear on Concentration of a Star Screen

*# 김광훈¹, 박정홍¹, 문병영², 폭광훈³, 경유철³, 오창욱³

*# K. H. Kim (flyworld7@pusan.ac.kr)¹, J. H. Park¹, B. Y. Moon², K. H. Kwack³, Y.C. Jung³, C. W. Oh³
¹부산대학교 기계공학부, ²부산대학교 기계기술연구원, ³(주)거산기계

Key words : Screen, Gear, Concentration, Screening system, Dynamic simulation, Recycling

1. 서론

21 세기에 들어서면서 자원재활용에 대한 필요성이 절실해지면서 산업 전반에 걸쳐 재활용에 대한 연구가 중요한 이슈가 되었다. 산업 폐기물이나 건축 폐골자재를 선별하는 장치를 선별기(screen)라고 하며, 선별하는 방식에 따라 다양하게 사용된다. 그 예로써 물을 이용하여 비중이 낮은 쓰레기를 걸러내는 방법과 진동을 이용하는 방법, 치차를 이용하는 방법 등이 있다. 현재 국내에서 건설폐기물 재활용에 진동식 선별기(vibrating screen)¹⁻²가 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 그 선별가능한 골자재의 종류가 적거나 한정되어있는 것이 큰 단점이다. 이와 같은 단점을 보완한 치차를 이용한 강제 선별방식을 가지는 선별기(star screen)에 대한 연구가 진행되고 있다.

치차형 선별기에 대한 연구는 대부분 오래전부터 친환경적 산업화를 추구해온 유럽과 일본 등 선진국에서 이뤄지고 있다. 치차형 선별기는 일반 동력전달을 주목적으로 하는 기어와 구분하기 위해 그 형상을 분파 스타스크린 혹은 슈퍼 스크린이라고 불리워진다³. 치차형 스크린은 치차의 높이, 간격, 폭 및 회전속도를 통해 원하는 크기의 자재를 진동식 스크린에 비해 높은 성능으로 선별할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 국내에서는 아직 이러한 친환경적 건설 장비에 대한 연구가 매우 부족한 상태이다.

치차형 선별기를 개발함에 있어 선별기의 주요 기능을 나타낼 수 있는 지표로는 단위시간당 생산량, 그리고 선별크기의 분리능능이 일차적으로 매우 중요하다. 현재 시판되고 있는 치차형 선별기는 Fig. 1 과 같은 톱니바퀴형태의 치차가 회전하면서 요구되는 선별크기보다 큰 이물질은 치차의 날을 이용하여 앞쪽으로 이송하고 그보다 작은 입자는 아래로 낙하하게 함으로써 골자재를 선별한다.

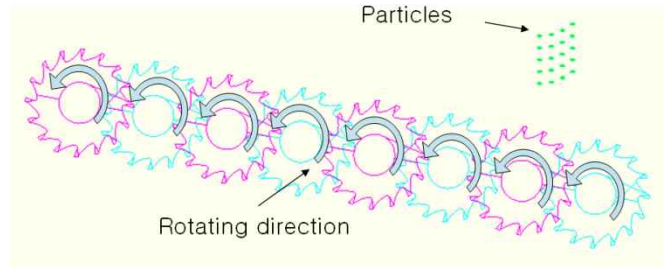


Fig. 2 The Simulation model of a separation process

본 연구에서는 선행연구를 통해 확인된 문제점 해결을 위해 치차의 형상을 변화시키면서 선별되는 성능을 평가하고자 한다. 그림 1 과 같이 구성된 치차선별기는 그 회전되는 방향으로 요구입자보다도 큰 입자가 치차의 빈공간에 들어가 선별됨으로 실제 선별성능을 떨어뜨리는 단점이 있다. 이와 같은 단점을 보완하기 위해 치차의 개수, 치차의 높이를 변화시키면서 그 성능을 평가하였다.

2. 연구 방법

2.1 모델링

치차형 선별기의 모델링과 해석은 동역학 및 시스템 해석 전문 소프트웨어인 ADAMS(version 2005, USA)를 사용하였다. 동역학 모델을 구성하기 전에 먼저 치차형상의 CAD 파일을 솔리드 파일로 변환하여 ADAMS 에 입력하였다.

해석에서 설정한 기본 모델은 목표선별 크기가 4mm 인 선별기를 대상으로 하였고 이때 치차 두께는 16mm, 치차 사이 공간은 5mm 로 설정하였다. 개발중인 선별기는 실제로 1 열당 34 개의 치차를 가지며 총 18 열을 가진다. 전체 모델의 해석은 모델의 용량이 일반 전산해석 컴퓨터의 용량을 초과하는 제한점이 있었고 해석 시간의 단축을 위해서는 단순화한 모델을 재구성할 필요가 있다. 이를 위하여 열당 3 개의 치차와 4 개의 스페이서를 총 8 열을 가지는 축소 해석 모델을 그림 2 와 같이 재구성하였다.

2.2 가정 및 해석조건

선별기의 물리적인 선별 현상을 실제와 동일한 상황으로 모델링하는 데에는 한계가 있기 때문에 단순화 하거나 대표적인 물리적 상태만을 고려하여 해석할 수밖에 없다. 따라서 본 해석에서는 선별기의 선별 성능을 알아보기 위하여 속도를 120 rpm 으로 설정하였다. 또한 선행연구에서 요구입자가 4 mm 입에도 큰 입자가 아래로 떨어지는 현상이 발생하므로 해석을 위한 입자모델의 크기를 요구입자보다 큰 20 mm 로 하였으며 총 20 개의

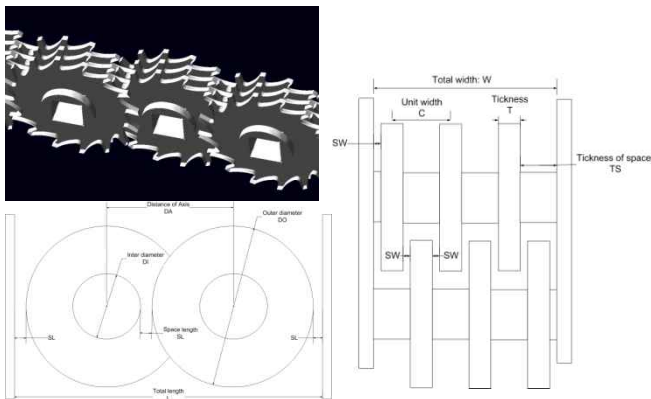


Fig. 1 A star screen model using ADAMS

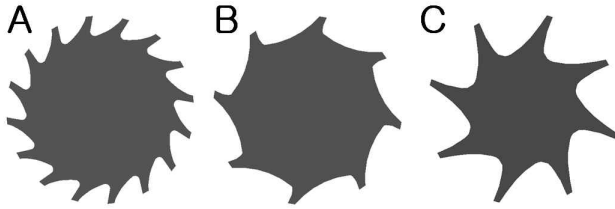


Fig. 3 Three types of gear (A: default type, B: half number of gear teeth, C: half number and double depth of gear teeth)

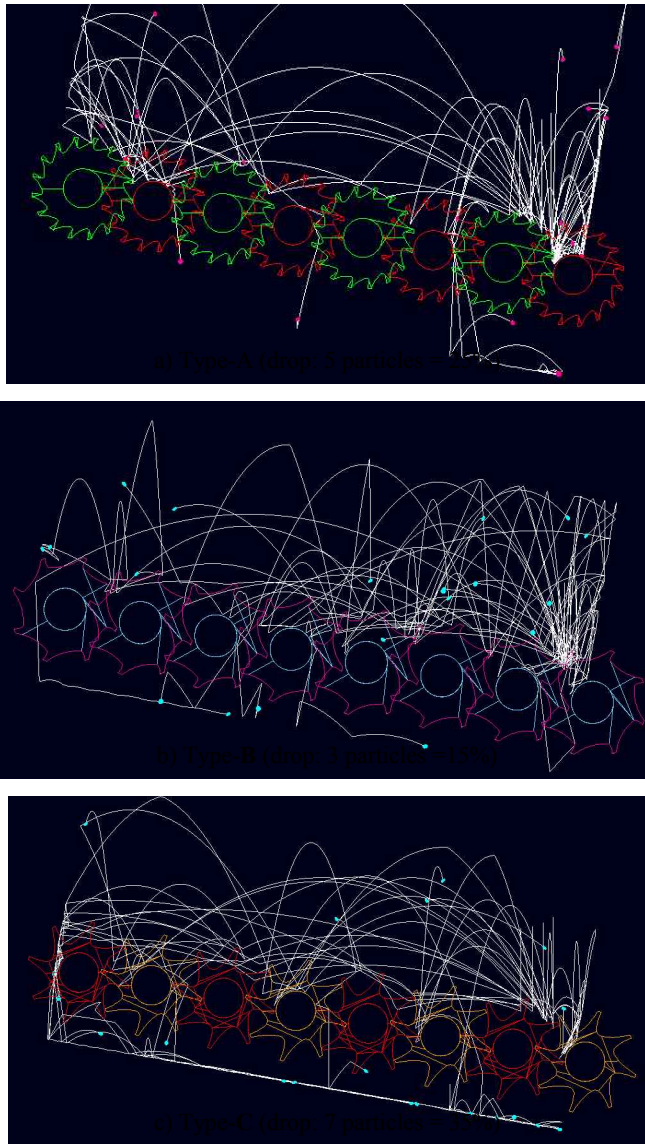


Fig. 4 Simulation results for the four types

입자모형을 사용하였다. 각 입자는 치차면과 접촉을 설정하였으며, 입자가 치차를 벗어나는 것을 막고, 치차와의 접촉을 계속 유지시키기 위해 사면을 모델의 일정외곽을 벽면으로 막았다.

입자들의 분리 해석을 할 경우 초기위치가 매우 중요하다. 서로 비교할 수 있도록 최초 입자와 치차간의 접촉이 되도록 초기 위치를 설정하였다. 그림 2 와 같이 반시계 방향으로 회전할 경우 각 치열의 회전축의 좌측은 치차가 하강하는 운동이고 우측은 상승운동이다. 여기서 초기 입자와의 접촉지점을 치열의 우측 즉 상승운동이 있는 위치로 하였다.

2.3 치차 설계

폐골자재의 재활용을 위한 선별능력을 평가하기 위해 치차의 형상을 그림 3 과 같이 대표적으로 3 가지 형상을 선택하였다. 치차는 앞에서 언급한 것처럼 치차의 잇수와 깊이가 치차의 형상을 구성하는데 중요한 역할을 하는 인자이므로 이 두 가지를 고려하여 모델링하였다. A 는 선행연구에서 제시된 모델로 비교를 위한 기준모델로 선택하였다. B 는 A 잇수의 절반이며 최고 깊이가 동일한 모델이고, C 는 A 잇수의 절반이며 최고 깊이가 두 배인 모델이다.

3. 결과 및 고찰

치차의 각 모델별 선별성능을 평가하기 위해 동일 시간 동안 치열의 아래로 떨어지는 개수를 비교하였다. 가장 이상적인 경우는 요구입자 크기보다 시뮬레이션 입자모델이 크기 때문에 모든 입자가 그대로 치열의 윗부분에 존재하는 것이다. 그림 4 는 2 초 동안 입자들의 운동을 궤적으로 표현한 것이다. 좌 상단의 끝부분은 치열이 없는 곳으로 구분된 것으로 판단하여 치열하단에 떨어진 입자 개수에는 포함하지 않았다. 각 모델의 떨어진 입자의 개수는 A, B, C 각각 순서대로 5 개, 3 개, 7 개였다.

치차의 형상의 경우 입자와 만나는 각도면에서 보면 A 와 C 가 비슷하며 B 의 경우는 그에 비해 상당히 완만한 형상을 보인다. 실제 선별기의 성능을 평가할 때에는 선별성능과 단위시간당 처리할 수 있는 물량을 고려해야 한다. 이러한 사실을 고려한다면 B 모델의 경우는 선별성능면에서 조금 우수한 듯하다. 그러나 입자들의 궤적들을 살펴보면 A 와 C 가 한 번에 이동하는 입자의 거리가 B 에 비해 긴 것을 확인할 수 있다. 이는 요구되지 않는 입자를 빨리 걸러냄으로써 처리할 수 있는 물량에서 보다 우위를 차지할 것이라는 예측을 가능하게 한다.

시뮬레이션의 한계점과 무수히 많은 입자, 그리고 다양한 입자의 크기와 조건을 고려하지 않았기 때문에 연구의 제한성이 존재하지만 본 연구에서는 치차의 형상에 따른 입자 선별 효과에 차이가 있음을 확인할 수 있으며, 이 경우 동일한 회전속도에서 입자와 치차 간의 접촉각이 작은 것이 보다 선별성능이 우수한 것으로 나왔다. 향후 연구에서는 치차와 입자의 접촉 조건 및 크기별, 속도별 해석을 통한 다각적인 성능평가가 필요하다.

후기

본 연구는 산업자원부 2007 지역산업기술개발사업(공통 기술개발사업, 과제번호:70002177-2007-01)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김강국, 김문생, 손권, 김광훈, 문병영, “건설폐기물의 재활용을 위한 분리선별기의 진동해석,” 대한기계학회 춘계학술대회, 802-806, 2007
2. 문병영, 배효동, 광광훈, 배기선, 송하영, “고함수율의 건설폐기물 폐 토속에 포함된 이물질 선별을 위한 분리선별기의 진동해석,” 대한설비공학회지, 20(8), 526-533, 2008
3. Soldinger, M., "Interrelation of Stratification and Passage in the Screening Process," Mineral Engineering, 12(5), 497-516, 1999