

치차형 선별기의 분리성능 향상을 위한 모델링 및 해석 A Simulation to Enhance Separation Capability of Star-Screen

*#박정홍¹, 김광훈¹, 문병영², 광광훈³, 정유철³, 신정식³

*#J. H. Park(zhengh@pusan.ac.kr)¹, K. H. Kim², B. Y. Moon², K. H. Kwack³, Y. C. Jung³, J. S. Shin³

¹부산대학교 기계공학부, ²부산대학교 기계기술연구원, ³(주)거산기계

Key words : Screening system, Dynamic simulation, Recycling, Separation

1. 서론

건설 폐기물이나 산업용 골재를 선별하는 장치를 선별기라고 하며 재활용 과정에 따라 다양한 선별기가 산업현장에서 사용되고 있다. 현재 국내에서 건설폐기물의 처리에 주로 많이 사용되는 선별기는 진동식 선별기(vibrating screen)^{1,2}를 많이 사용하고 있다. 그리고 최근에는 치차형 선별기(Star screen)를 이용한 골재의 선별도 진행되고 있다. 치차형 선별기는 기존의 판이나 채거를 방식이 아니라 Fig. 1 과 같이 치차를 이용하여 선별하는 방식이다.

치차형 선별기는 치차와 치차 사이의 공간보다 더 큰 이물질에 대해서 치차를 이용하여 강제적으로 분리시켜 골재를 선별하며 이러한 선별 방식의 차이 때문에 치차형 선별기는 물기가 많은 즉, 함수율이 매우 높은 골재에 대해서도 강제적 선별이 가능하다는 장점이 있다. 그리고 다양한 이물질이 골재속에 포함되어 있더라도 사용할 수 있다. 그래서 골재 재활용 처리분야에서 치차형 선별기의 수요가 크게 발생하고 있다. 국외에서는 이미 다양한 크기를 갖는 산업폐기물의 선별에 관한 연구를 수행하고 있다^{3,4}. 하지만 국내에서는 치차형 선별기를 개발한 사례가 없어 설계와 개발에 필요한 기초 연구가 필요하다.

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

하지만 채와 같이 정해진 크기의 망이 일정한 형태의 망이 아니기 때문에 선별 크기가 채 거름 방식에 비해서는 정확하지 않다. 예를들어, 선별 목표 크기가 4mm 라고 했을 때 치차형 선별기를 이용하여 선별하였을 때 4mm 보다 더 큰 입자도 섞이게 된다. 그 이유는 목표한 크기보다 큰 입자들이 Fig. 2 의 그림에서와 같이 A 지점으로 흘러내려올 경우에는 오른쪽 치차에 의해 들어 올려짐으로써 선별되지만 B 지점의 입자들은 자중에 의해 흘러 빠져나가고 왼쪽 치차 역시 회전방향으로 인해 B 지점의 입자들이 쉽게 배출되도록 돕기 때문이다.

치차형 선별기의 분리성능이 떨어지는 주된 원인 가운데 하나가 이와 같은 현상에 기인한다. 따라서 치차형 선별기의 분리성능을 높이기 위해서는 치차 시스템의 설계를 개선할 필요가 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방안으로써 스페이서(spacer)의 형태를 변화시켜 선별목표보다 큰 크기의 입자를 보다 효과적으로 선별하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 모델링

치차형 선별기의 모델링과 해석은 동역학 및 시스템 해석 전문 소프트웨어인 ADAMS(version 2005, USA)를

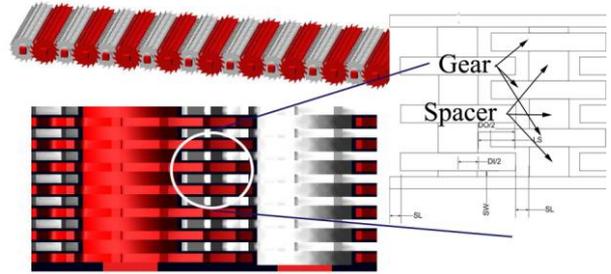


Fig. 1 A star screen model using ADAMS

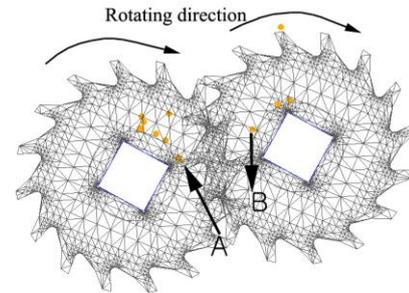


Fig. 2 An example of separation process

를 사용하였다. 동역학 모델을 구성하기 전에 먼저 치차형상의 CAD 파일을 parasolid(x_t) 파일로 변환하여 ADAMS 에 입력하였다. Fig. 1 과 2 는 구성된 치차 모델을 나타낸다.

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 2 개의 치차와 1 개의 스페이서를 가지는 단위요소로 해석 모델을 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 설정하였고 투입 입자의 크기는 10 mm 로 설정하였다. 기존 선별기에서 10mm 의 크기를 가지는 입자는 over size 로 선별되지 못하고 쉽게 선별목표 입자보다 under size 에 포함되기 쉬운 크기이다.

현재 구현된 모델의 입자는 개별적으로 치차면과 접촉하여 튀어 나오거나 구르도록 접촉정의를 하였다(정적 마찰계수 0.3, 동적 마찰 계수 0.1). 그리고 투입입자가 밖으로 빠져나가지 않도록 평면을 구성하여 접촉을 정의함

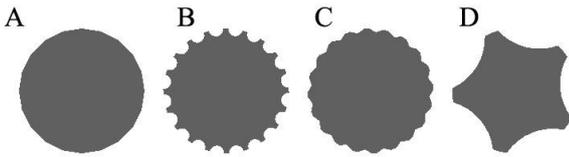


Fig. 3 Four types of spacer (A: default type, B,C: saw type, D: star type)

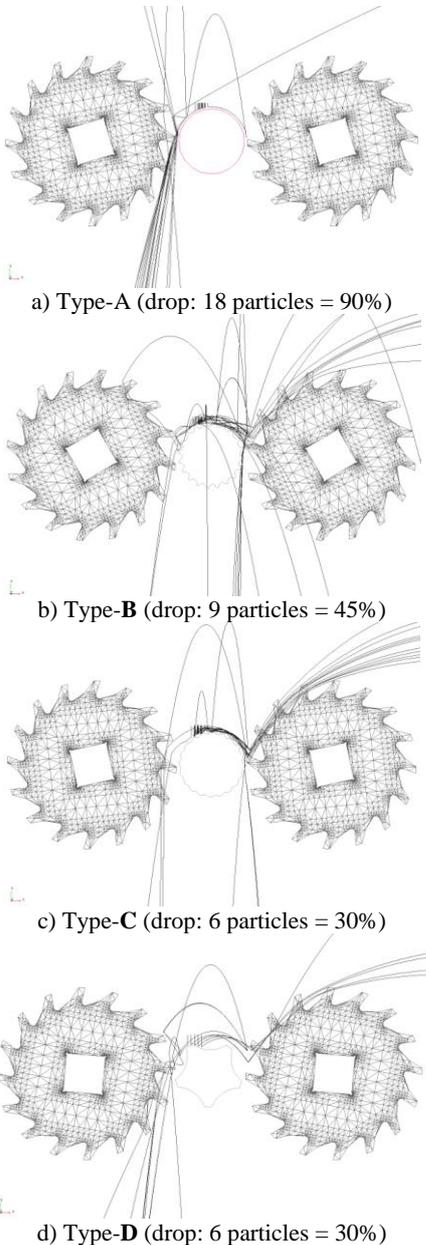


Fig. 4 Simulation results for the four types

으로써 입자가 정해진 공간안에서만 움직일 수 있도록 하였다.

2.3 스페이서 설계

Fig. 2의 경우와 같이 선행 시뮬레이션 결과로부터 얻은 결과를 바탕으로 목표선별 입자크기보다 약간 큰 크기의 입자는 쉽게 스페이서의 면을 따라 아래로 배출될 수 있었다. 그 이유는 스페이서의 중심을 기준으로 왼쪽면은 왼편에 위치한 치차의 회전방향이 입자를 배출하도록 돕는 역할을 하기 때문에 왼편면이 매끄러우면 기존 형상처럼 낙하되지 말아야 할 크기의 입자가 아래로 배출되게 된다. 반면, 스페이서의 오른쪽면에 입자가 위치하면 우편의 회전하는 치차가 배출하려고 하는 입자를 쳐 올림으로써

아래로 빠져나가는 것을 막는다. 따라서 선별목표 크기보다 약간 큰 크기를 가지는 입자가 스페이서의 오른쪽면으로 이송되도록 스페이서의 형태를 설계하였다. 제안된 스페이서의 형태는 Fig. 3과 같이 3가지로 고안하였다. Type A는 기존 선별기에 사용되는 원통형태의 스페이서이며 Type B~D는 본 해석에서 사용된 개선된 형태의 스페이서 형태이다. 새로이 설계한 3가지 형태의 스페이서의 효과를 알아보기 위하여 10 mm 크기의 구형 입자 20 개를 스페이서의 좌측면에 낙하하였다. 그리고 회전에 의한 선별후 아래로 배출된 입자의 수를 세어 그 효과를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

해석 결과 기존의 Type A가 10mm 입자를 90% 배출한 데 비하여 Type B, C, D가 각각 45, 30, 30%만 배출시킴으로써 개선된 형태의 선별성능의 향상에 크게 기여하고 있음을 볼 수 있었다. Type B~D 모두 스페이서가 배출 가능성이 있는 입자를 오른쪽면으로 이송하는데 매우 효과적이었으며 이를 통해 입자의 배출을 막을 수 있었다. Type B가 Type C와 D에 비해 몇 개의 입자가 더 배출된 것은 스페이서 홈의 형태가 입자의 형태와 맞물려 스페이서 홈 안으로 유입된 입자가 오른쪽면에서도 계속 홈 안에 있는 현상이 발생하여 배출된 경우가 있었기 때문이다. 이 때문에 홈의 형상이 상대적으로 완만한 Type C와 D에서 배출되는 개수가 더 적었다.

본 해석은 실제와 같이 무수히 많은 개수의 입자들로 혼합된 경우를 해석하지 않았다. 목표 선별 크기 이하의 입자는 모두 배출되는 것으로 가정하였으며 목표선별 크기에 비해 매우 큰 입자의 이물질은 치차에 의해 모두 선별되기 때문에 그 중간에 해당하는 입자(10mm)에 대한 해석만 고려하였다. 시뮬레이션의 한계점과 무수히 많은 입자, 그리고 다양한 입자의 크기와 조건을 고려하지 않았기 때문에 연구의 제한성이 존재하지만 본 연구에서는 스페이서 형상의 개선이 10mm 입자의 배출을 막는데 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 향후 연구에서는 입자의 조건과 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. Solderinger, M., "Interrelation of Stratification and Passage in the Screening Process," Mineral Engineering, 12(5), 497-516, 1999
4. Solderinger, M., "Influence of Particle Size and Bed Thickness on the Screening Process," Minerals Engineering, 13(3), 297-312, 2000