

폐목재 2차 파쇄기에 대한 설계 및 구조해석

이종선*, 임진섭*

*대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과

Design and Structural Analysis of 2nd Crusher for Useless Wood

Jong-Sun Lee*, Jin-Sub Lim*

* Dept of Mechanical Design Engineering, Daejin University

요 약

본 논문에서는 폐목재의 재활용을 위한 1차 파쇄기의 다음 공정인 2차 파쇄기에 대해 경계조건과 하중조건을 적용하여 유한요소법에 의한 ANSYS로 구조해석과 모달해석을 수행하여 응력(stress), 변형률(strain)을 구하고 구조적 타당성을 검토하였다. 이는 안전성을 고려한 설계의 기초 자료가 되며 고유진동수(natural frequency)를 구하여 모터의 회전을 제어함으로써 공진(resonance) 현상을 피하는 데 있다.

1. 서 론

폐목재는 많은 양이 재활용되지 못하고 소각 또는 매립되어진다. 재활용되는 목재중 일부는 축산이나, 특용작물재배 또는 다른 산업의 수분조절제로 재활용되고 있으나 이는 또 다른 폐기물을 양산할 뿐 근본적인 재활용이 되지 못한다.

그러므로 폐목재를 MDF 원료로 사용하여 부가가치나 재활용 측면이 높은 방식으로 재활용하기 위하여 MDF의 원료인 목재칩을 생산함에 이를 적용시킬 수 있다.

폐목재칩을 생성하는 공정은 수집되어진 폐목재를 컨베이어 벨트를 통해 이송되어 1차 파쇄기에서 목재를 잘게 파쇄시키고 콘크리트 조각을 부수는 역할을 한다. 잘게 부서진 목재칩은 2차 파쇄기로 들어가 해섬공정을 하기 위한 크기로 재파쇄를 한다. 이 목재칩은 자력선별기와 회전선별기를 거쳐 못이나 금속조각, 콘크리트 조각을 분리해 내고 MDF원료로 사용될 수 있다. 목재칩을 제조하는 방법으로는 여러 가지가 있으나 커터식으로 칼날에 의해 나무가

깎이어나가는 방식은 수년 동안 건조로 인해 섬유질이 굳어버린 폐목재를 깎아서 절단하여 MDF원료로 재활용하기가 어렵다. 이는 MDF 제조 공정중 가장 중요한 섬유질을 추출하는 공정인 해섬공정에 부적합하다. 그러므로 섬유질을 잘 유지하는 타격식 파쇄기를 설계함에 있어 1차 파쇄기의 다음 공정인 2차 파쇄기의 유한요소 해석을 통하여 구조적 안전성을 확보하여 이 결과를 설계에 반영함에 있다.

2. 2차 파쇄기의 설계

Fig. 1은 2차 파쇄기의 3D 형상으로 Solid works 2004를 이용하여 설계하였으며, 상부의 개구부로 1차 파쇄기에서 파쇄된 폐목재가 유입되어 2차로 파쇄시키는 장치로 폐목재 칩을 더 잘게 부수는 역할을 한다. 파쇄방식은 1차 파쇄기와 마찬가지로 타격식으로 되어 있으며 아랫부분의 각파이프로 망을 장착하여 작은 것은 하부로 빠져나가고 덜 파쇄된 것은 재파쇄가 된다. 앞, 뒷면은 마모된 날을 교체하기 위하여 개폐방식으로 설계하였고, 날과 날사이에 일정한 간격을 가진 디스크를 삽입하여 직사각형의 날

을 교차방식으로 장착하였다. 이는 날끼리의 충돌을 방지하기 위함이다.

또한 축이 회전하면 날이 방사형으로 펼쳐지면서 회전을 하게 되는데 날의 결합을 디스크와 함께 축을 이용하여 고정함으로써 중심방향만으로 고정하여 못이나 콘크리트 조각에 충돌시 반력을 줄이는 효과를 주어 날의 수명을 연장시킬 수 있다.

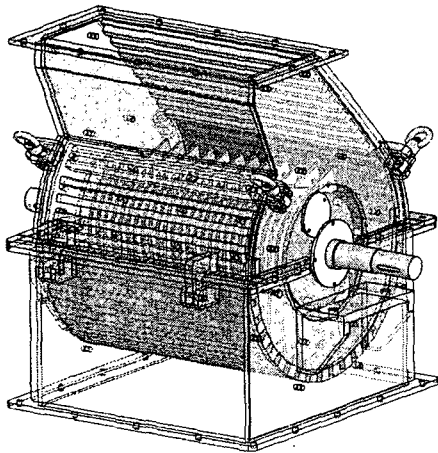


Fig. 1 3D Geometry of 2nd Crusher

3. 2차 파쇄기의 유한요소해석

3.1 재료의 물성치 및 해석조건

2차 파쇄기의 3차원 유한요소해석을 위해 유한요소 해석 코드인 ANSYS를 이용하여 2차 파쇄기의 핵심부품인 축과 디스크, 날의 조립형상을 해석하였으며 2차 파쇄기에 사용된 일반 구조용강의 물성치는 Table 1과 같다.

Table 1 Material Property of Structural Steel

Property	Value
Yield Point(MPa)	248
Mass Density(kg/m ³)	7850
Modulus of Elasticity(GPa)	200
Poisson's Ratio	0.32
Tensile Ultimate Strength(MPa)	460
Specific Heat(J/kg·°C)	434.0

축에 걸리는 토크는 100%일 때 1116rpm으로 50 ~ 100%까지 해석을 수행하였고 이에 해당하는 회전수는 Table 2와 같다.

Table 2 각 회전율에 적용되는 회전수

회전율(%)	회전수(rpm)
100	1116
90	1004.4
80	892.8
70	781.2
60	669.6
50	558

Fig. 2는 해석모델의 구속조건을 나타낸 것으로 축의 양쪽 베어링 결합부분을 회전에 대해 자유롭게 하고 축방향과 반경방향에 대해 구속함으로써 베어링 체결효과를 주었다. 회전은 축을 중심으로 50 ~ 100%까지 단계적으로 적용하였고, 중력을 주어 원심력이 작용하게 하였다.

Fig. 3은 유한요소 모델로 질점과 요소의 형상을 나타낸 것으로 115,978개의 질점과 34,904개의 요소로 나뉘어진다. 요소의 형태는 구조물의 형상을 고려하여 날과 날을 고정시키는 축은 육면체형태의 메쉬이며, 중심축과 디스크부분은 사면체형태의 메쉬로 해석하였다.

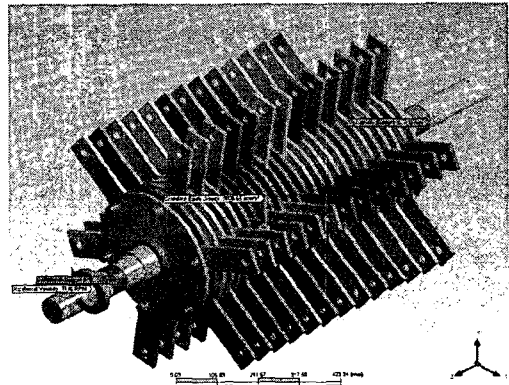


Fig. 2 Boundary condition for model

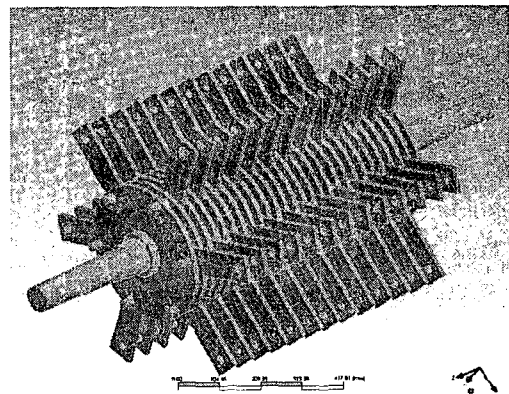


Fig. 3 Finite element for model

3.2 유한요소해석

1차 파쇄기에서 2차 파쇄기로 유입된 목재를 파쇄하기 위한 축과 파쇄날의 해석으로 회전수를 50%에서 100%의 단계로 10%씩 증가시켜 해석을 수행하였다. Fig. 4 ~ Fig. 5는 100%일 때의 응력과 변형률의 분포를 나타낸 것이며, Fig. 6는 각 회전수에 따른 최대응력값을 나타낸 그래프이다.

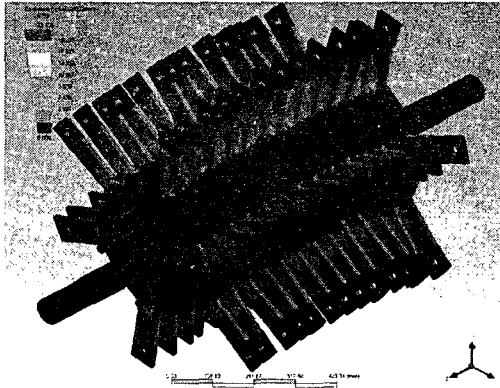


Fig. 4 Stress at 100%

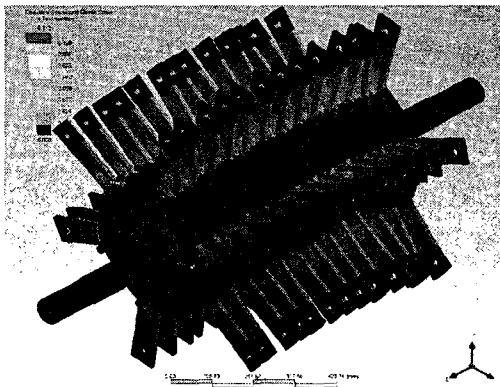


Fig. 5 Strain at 100%

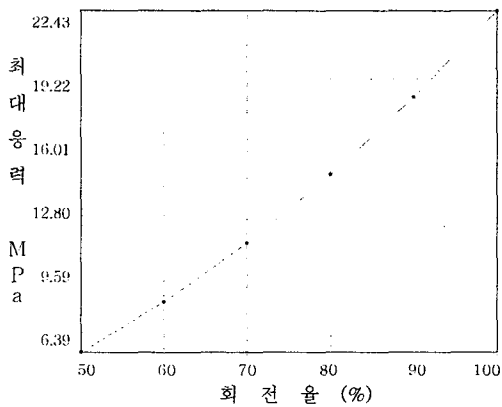


Fig. 6 회전율-최대응력 그래프

Fig. 7은 2차 파쇄기의 고유진동수를 알아보기 위하여 모드해석을 수행하였으며 결과값은 Table 3과 같다.

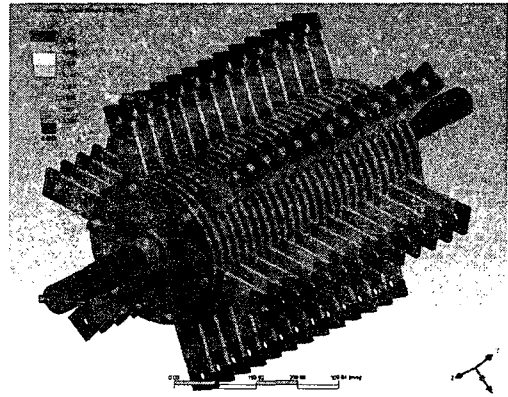


Fig. 7 1st Frequency mode in Range

Table 3 Result of Frequency

Mode	Frequency
1	21.94 Hz
2	183.28 Hz
3	183.83 Hz
4	239.82 Hz
5	240.39 Hz
6	241.03 Hz
7	241.22 Hz
8	241.39 Hz
9	241.49 Hz
10	241.66 Hz

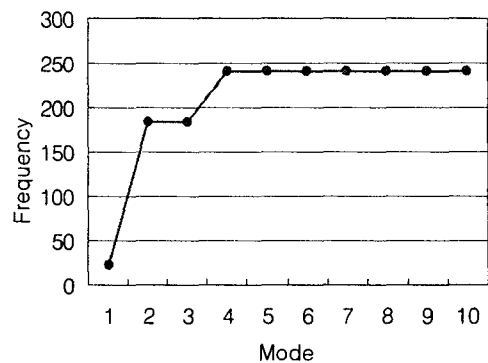


Fig. 8 Graph of Frequency

Fig. 8의 그래프를 통해 알 수 있듯이 2차 모드에

서 183Hz로 4차 모드에서는 240Hz로 상승한 것을 볼 수 있다. 그러므로 모터에 의해 구동축을 연결시 두 모드의 영역에 대해 고려하여 연결하여야 한다.

4. 결 론

2차 파쇄기의 설계를 위하여 주요부품인 중심축과 디스크, 파쇄날의 결합상태에 대해 유한요소해석을 실시하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 파쇄날의 회전에 대해 자유롭게 함으로써 이물질로 인한 응력집중을 예방하고 커터날의 수명을 연장할 수 있다.
- (2) 파쇄날의 마모시 교체를 용이하게 하기 위하여 전후면의 커버를 개폐방식으로 설계하였다.
- (3) 1차 파쇄기에서 전달되는 50mm이하의 폐목재 칩을 2차 파쇄기에서 20mm이하로 파쇄시키므로써 MDF제조시 요구되는 최적의 크기로 파쇄 할 수 있다.
- (4) 회전수를 100%로 적용하였을 시에도 최대응력이 허용응력 이내이므로 폐목재 2차 파쇄기의 안전성 및 견고성을 확립하였다.
- (5) 위 구조에 대한 모달해석을 통하여 고유진동수를 알아볼 수 있었으며 이는 기계가동시 중요한 자료로 참고 될 수 있다.

5. 참고문헌

- (1) 안상욱, 기계공학법, 북두출판사, 1999.
- (2) Sherif D.El Wakil, Process and Design for Manufacturing, PWS PUBLISHING COMPANY, 1998.
- (3) SEROPE KALPAKJIAN, Manufacturing Processes for Engineering Materials, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1996.
- (4) E. Paul Degarmo, JT.Black, Ronald A. Kohser, Materials and Processes in Manufacturing, Prentice Hall, 1997.
- (5) ANSYS User's Manual Revision 7.0, Swanson Analysis System, Inc. 2000.
- (6) 고재용, ANSYS 유한요소법, 시그마프레스, 2001.
- (7) 이종선, 임진섭, "폐목재 파쇄기에 대한 설계 및 구조해석", 2004 한국산학기술학회 추계학술발표논문집, pp.80 ~ 82, 2004.