

폐목재 파쇄기에 대한 설계 및 구조해석

이종선*, 임진섭*

대전대학교 기계설계공학과*

Design and Structural Analysis of Crusher for Useless Wood

Jong-Sun Lee*, Jin-Sub Lim*

Daejin University*

요 약

본 논문에서는 폐목재의 재활용을 위한 파쇄기의 경계조건과 하중조건을 적용하여 유한요소법에 의한 ANSYS로 구조해석과 모달해석을 수행하여 변위(displacement), 응력(stress), 변형률(strain)을 구하고 구조적 타당성을 검토하였다. 이는 안전성을 고려한 설계의 기초자료가 되며 고유진동수(natural frequency)를 구하여 모터의 회전을 제어함으로써 공진(resonance) 현상을 피하는데 있다.

1. 서 론

건설 현장에서 발생하는 건축 폐목재와 일반 가정에서 배출되는 폐가구류의 발생 폐기물중 극히 일부만 재활용되어 농가의 축산이나, 특용작물의 재배, 또는 다른 산업의 수분 조절제로 사용되어지고 있을 뿐, 대다수의 양이 소각되거나 매립되어진다.

본 논문에서는 자원의 효율적 재이용과 환경보전이라는 거시적 측면에서 건설현장에서 배출되는 건축 폐기물(폐목재)과 가정에서 발생하는 폐가구를 원재료로 하여, 금속조각, 시멘트 파편 및 습기를 제거할 수 있는 기존의 목재 파쇄기와 차별되는 목재칩 제조기를 개발하고 제조된 목재칩의 부가가치를 높이는 방편의 일환으로 목재칩을 이용하여 MDF를 제조해 건축 내,외장재나 창호 등의 건축 자재나 가구를 제작 할 수 있도록 폐목재 파쇄기의 유한요소해석을 통하여 해석결과를 산정하고 이 결과를 설계에 반영하는데 있다.

2. 폐목재 파쇄기의 설계

Fig. 1은 파쇄기의 구성을 나타낸 3차원도면으로 파쇄를 위한 날, 날의 유격을 조절하는 디스크, 이를

연결할 축과 요구하는 크기로 파쇄된 폐목재를 빠져 나가게 하는 망으로 이루어져 있다.

날은 직사각형으로 구성되어 축과 결합된 여러 개의 디스크에 일정한 간격을 두어 구성되고 축의 회전시 원심력에 의해 날이 방사형으로 펼쳐지면서 폐목재를 파쇄하게 된다. 날의 일정 간격을 두는 것은 날 끼리의 충돌을 방지하기 위함이다.

폐목재의 파쇄시 파편으로 훼손될 우려가 있으므로 하단에 망을 충분한 크기여야 하며 30×30mm의 각봉으로 이루어진다. 망은 폐목재를 거르는 역할 뿐 아니라 파편으로 케이스가 훼손되는 것을 방지한다.

날과 망은 마모시 교체를 하여야 하므로 날의 교환을 위하여 옆커버에 볼트로 체결되는 상부 커터날 교환 덮개가 구성되고 각봉의 고정을 위하여 보조판을 볼트로 체결한다.

하부케이스는 관통형으로 구성되어 있고, 상부는 폐목재가 컨베이어를 통해 이송하므로 회전 법선방향의 반대쪽으로 각을 주어 제작하고 앞과 뒷부분은 개폐 방식으로 하여 내부를 확인하고 날의 교환을 용이하게 한다.

축의 끝부분은 벨트 풀리를 장착하여 동력전달을 할 수 있도록 하며 반대쪽은 이에 맞는 무게추를 장착

하여 균형을 이루도록 한다.

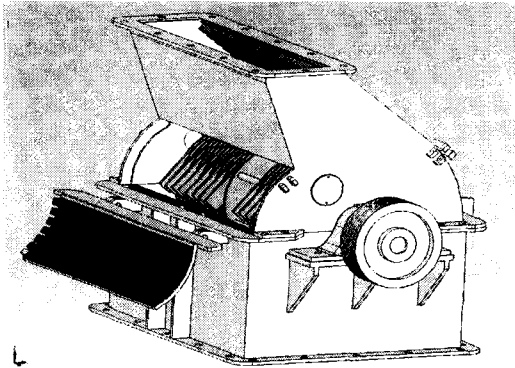


Fig. 1 Overall geometry (3D)

3. 폐목재 파쇄기의 유한요소해석

3.1 재료의 물성치 적용

3차원 유한요소해석 코드인 ANSYS를 이용하여 1차 파쇄기의 핵심 부품인 축의 토크에 대한 응력과 변형률을 해석하였다. 반력에 대하여 4단계를 적용하여 해석하였으며 1차 파쇄기에 사용된 일반 구조용 강이 적용되는 물성치는 Table 1과 같다.

Table 1 Material Property of Structural Steel

Property	Value
Yield Point(N/mm ²)	248
Mass Density(kg/m ³)	7800
Modulus of Elasticity(Gpa)	200
Poisson's Ratio	0.32

해석을 위해 축에 적용되는 토크를 알기 위하여 다음 식을 이용하여 토크를 계산하였다.

$$T = I_x \times \alpha$$

각각속도를 알기 위해서는 몇 초 후 최대 rpm에 도달하는지 알아야 한다.

$$\frac{\text{각속도}}{\text{rpm도달시간}} = \text{각속도 (단, 등각속도로 가정)}$$

원통의 관성모멘트는 다음과 같다.

$$I_x = \frac{1}{2} m a^2$$

$$\therefore \Sigma(\tau) = I_x \times \alpha(\text{각각속도})$$

m = 500kg (샤프트, 날, 날고정봉, 고정봉 결합 원판포함)

rpm = 1116rpm, 최대rpm 도달시간 = 30s

$$1116\text{rpm} \times 0.1047 = 117 \text{ rad/s}$$

(여기서 1rpm = 0.1047 rad/s)

$$\therefore \text{각각속도} \alpha = \frac{117 \text{ rad/s}}{30\text{s}} = 3.9 \text{ rad/s}^2$$

$$I_x = \frac{1}{2} m a^2 = \frac{1}{2} \times 500 \text{ kg} \times (170 \text{ mm})^2 = 7225000 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$$

여기서 a는 샤프트 중심에서 날 고정까지의 거리를 나타낸다.

$$\therefore \text{토크} \tau = 722500 \times 3.9 = 28177500 \text{ N/mm}$$

여기서 토크를 반력 100%라 볼 수 있으며 각 반력에 대한 토크는 Table 2와 같다.

Table 2 각 반력에 적용되는 토크

반력	토크(N/mm)
60%	16906500
80%	22542000
100%	28177500
120%	33813000

3.2 유한요소해석

파쇄기가 목재를 파쇄 할 때 날이 목재를 파쇄하게 되는데 이때 부하가 발생하며 파쇄량에 따라 부하가 달라진다. 해석을 위해 샤프트 양측을 고정하여 부하가 100%일 때를 반력 100%라고 가정하여 해석하였고, 반력 60%~120%까지 적용하여 해석하였다. Fig. 2~Fig. 5는 응력·변형률 분포를 나타낸 것이다.

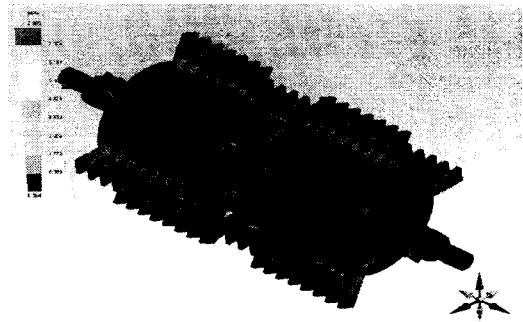


Fig. 2 Stress of 60%

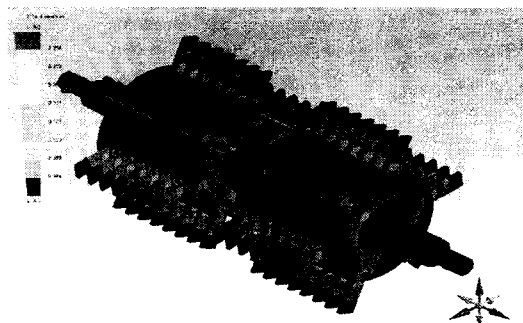


Fig. 3 Strain of 60%

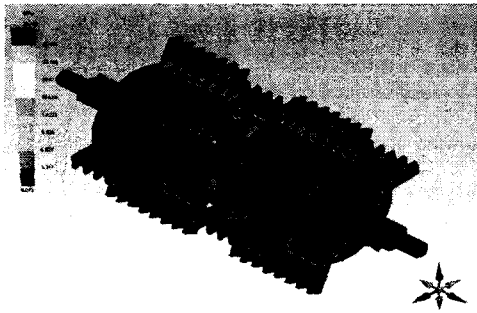


Fig. 4 Stress of 120%

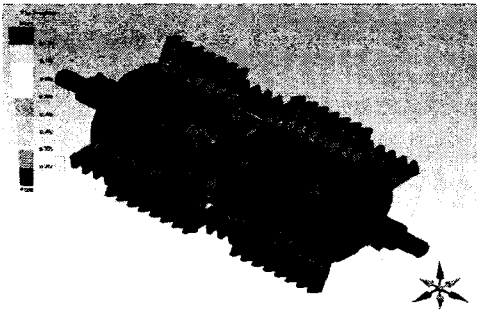


Fig. 5 Strain of 120%

Table 3은 해석에 대한 결과값으로 응력(Stress)와 변형률(Strain)을 나타낸 것이다.

Table 3 Analysis results of Stress and Strain

Load	Stress(N/mm ²)	Strain
60%	7.958	0.398 × e-4
80%	13.607	0.680 × e-4
100%	20.871	0.104 × e-3
120%	29.748	0.149 × e-3

Fig. 6은 모달해석을 나타낸 것으로 결과는 Table 4와 같다.

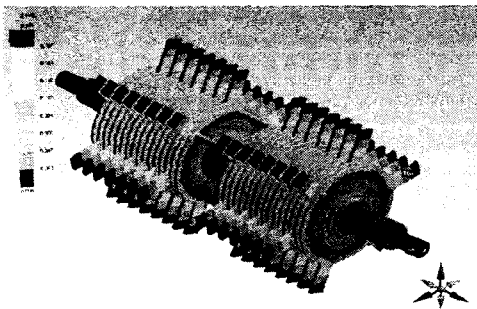


Fig. 6 2nd Frequency mode

Table 4 Result of Frequency

Range	Frequency	Range	Frequency
1st	0.29735 Hz	4th	253.14 Hz
2nd	18.611 Hz	5th	296.69 Hz
3rd	252.79 Hz	6th	373.16 Hz

4. 결론

폐목재 파쇄기를 설계하기 위하여 주요부품인 축에 대해 유한요소해석을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 폐목재의 파편 및 시멘트파편을 분리하며 50mm 이하의 틈밥으로 제조하는 1차 파쇄기의 안전한 구조를 유한요소 해석결과를 이용하여 설계할 수 있었다.
- (2) 기본 축에서 파쇄기의 날을 분리하여 개별 축으로 설계함으로써 날의 회전이 자유로워 안전사고를 예방할 수 있다.
- (3) 해석결과는 120%이상 적용시에도 허용응력 이내에 있으므로 파쇄기의 안전성 및 견고성을 확립하였고 회전에 따른 진동해석결과를 통하여 본 제품의 고유 진동수를 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- (1) 안상욱, 기계공학법, 복두출판사, 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) 강형모, 이치우, 기계설계공학, 구민사, 1996
- (6) ANSYS User's Manual Revision 7.0, Swanson Analysis System, Inc. 2000.
- (7) 고재용, ANSYS 유한요소법, 시그마프레스, 2001