

폐목재 파쇄기에 대한 설계 및 구조해석

이종선^{1*} · 조동현¹

Design and Structural Analysis of Crusher for Useless Wood

Jong-Sun Lee^{1*} and Dong-Hyun Cho¹

요 약 본 논문에서는 폐목재의 재활용을 위한 파쇄기의 경계조건과 하중조건을 적용하여 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.

Abstract The objective of this study is design and structural analysis of crusher for useless wood. Structural analysis and modal analysis were effected in ANSYS and the structural safety was examined in search of displacement, stress, strain. There are avoid to resonance phenomenon by motor control.

Key Words : structural analysis, crusher, modal analysis, resonance, natural frequency

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.

폐목재의 주 발생원은 건물신축 및 토목공사 현장부터 발생하는 폐목재, 건물해체 현장, 해체 건물내에 방치되어 있는 건구, 가구 등의 폐목재, 목재제품 제조업, 펄프제조업, 수입목재업에서 발생하는 목재편, 톱밥, 나무껍질 및 임업지에서 발생하는 폐목재 등이 있다.

따라서 본 논문에서는 자원의 효율적 재이용과 환경보전이라는 거시적 측면에서 건설현장에서 배출되는 건축폐기물과 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 구조해석을 통하여 해석결과를 산정하고 이 결과를 설계에 반영하는데 있다.

2. 폐목재 파쇄기의 설계

그림 1은 파쇄기의 구성을 나타낸 3차원 도면으로 파쇄를 위한 날, 날의 유격을 조절하는 디스크, 이를 연결할 축과 요구하는 크기로 파쇄된 폐목재를 빠져나가게 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 망은 충분한 크기여야 하며 30×30 mm의 각봉으로 이루어진다. 망은 폐목재를 거르는 역할 뿐만 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 쉽게 한다.

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

¹대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과
*교신저자: 이종선(jongsun@daejin.ac.kr)

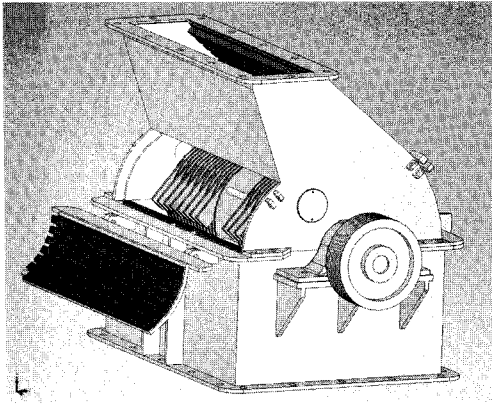


그림 1. 파쇄기의 전체형상(3D)

균형을 이루도록 한다.

3. 폐목재 파쇄기의 해석

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 강물의 물성치는 표 1과 같다.

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

그림 2는 해석 모델의 구속조건을 나타낸 것으로 양쪽 베어링 결합부분에 무마찰지지(Frictionless support)

표 1. 구조용강의 재료 물성치

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

표 2. 각 반력에 적용되는 토크

Reaction force	Torque(N/mm)
60%	16906500
80%	22542000
100%	28177500
120%	33813000

와 각 반력에 따른 회전(Rotation)값을 입력하고 원심력이 발생하기 위하여 중력값을 주었다. 그림 3은 유한요소 모델로서 절점과 요소수를 나타낸 것으로 135342개의 절점과 49483개의 요소로 나누어진다.

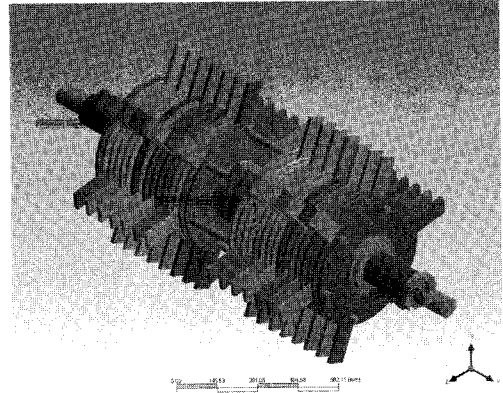


그림 2. 경계조건

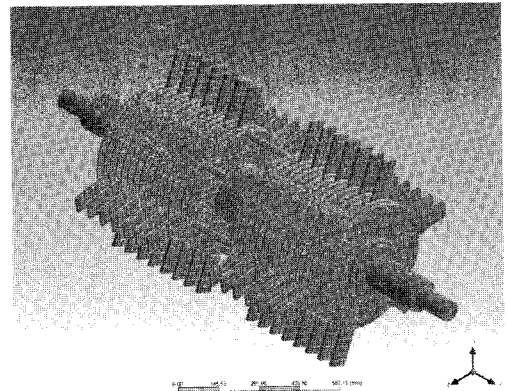


그림 3. 유한요소 모델

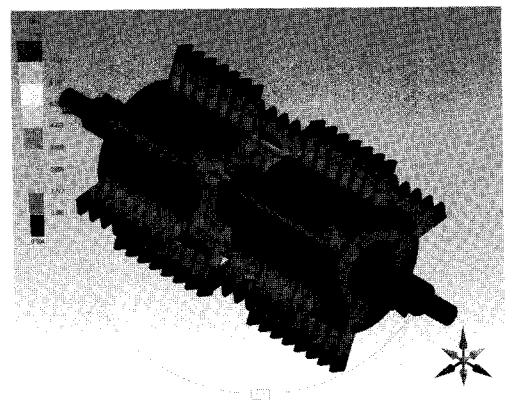


그림 4. 60% 일 때 응력

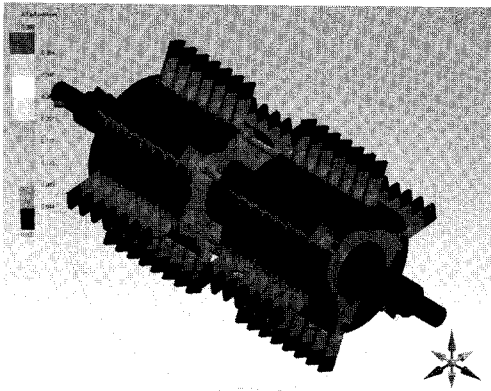


그림 5. 60% 일 때 변형률

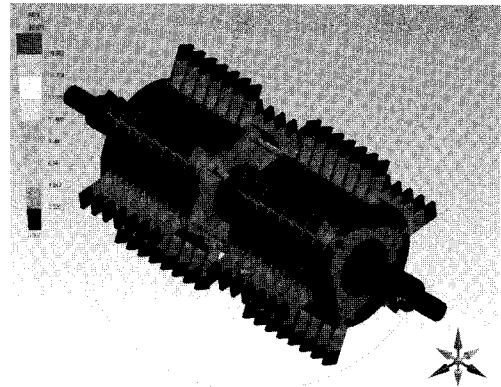


그림 8. 100% 일 때 응력

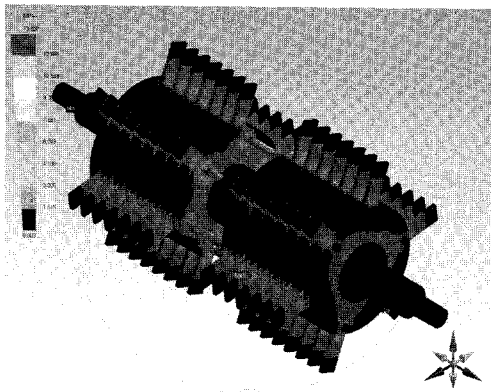


그림 6. 80% 일 때 응력

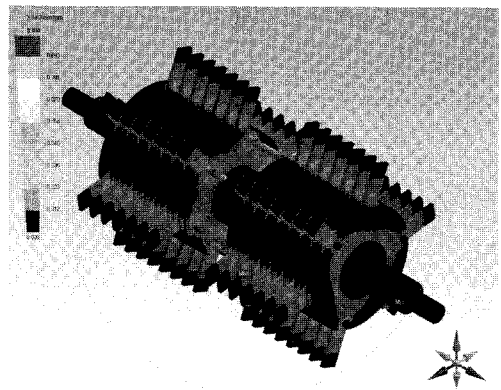


그림 9. 100% 일 때 변형률

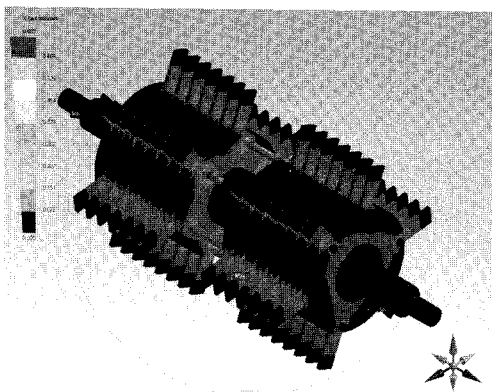


그림 7. 80% 일 때 변형률

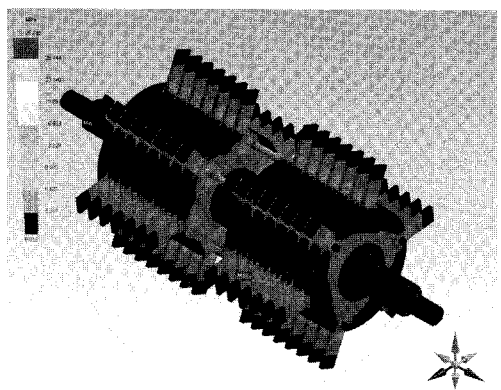


그림 10. 120% 일 때 응력

3.2 구조해석

파쇄기의 날이 목재를 파쇄하게 되는데 이때 부하가 발생하며 파쇄량에 따라 부하가 달라진다. 해석을 위해 축 양쪽을 고정하여 부하가 100%일 때를 반력 100%

라고 가정하여 해석하였고, 반력 60%~120%까지 적용하여 해석하였다. 그림 4~그림 11은 응력·변형률 분포를 나타낸 것이다.

표 3은 해석에 대한 결과값으로 응력(Stress)와 변형

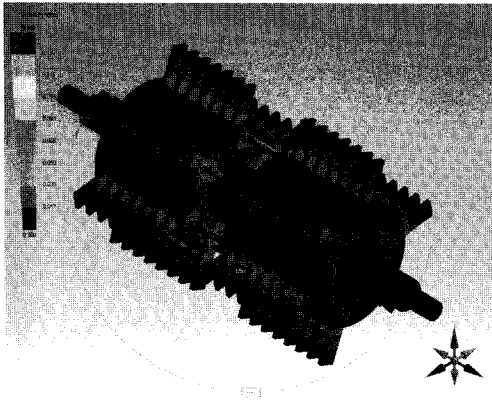


그림 11. 120% 일 때 변형률

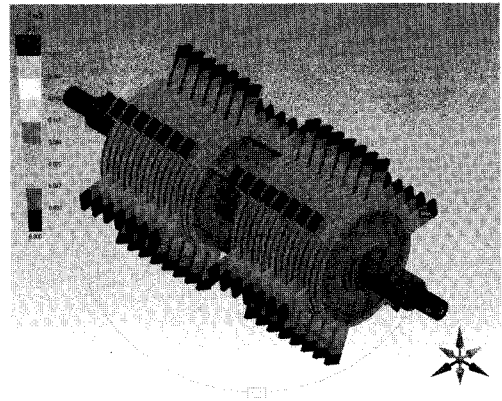


그림 13. 2차 고유진동수 모드

표 3. 응력과 변형률의 해석 결과

Reaction force	Stress (N/mm ²)	Strain
60%	7.958	$0.398 \times e-4$
80%	13.607	$0.680 \times e-4$
100%	20.871	$0.104 \times e-3$
120%	29.748	$0.149 \times e-3$

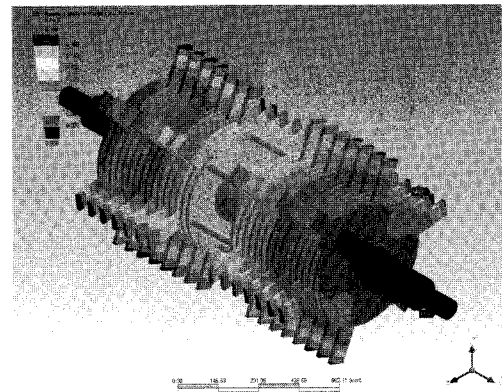


그림 14. 3차 고유진동수 모드

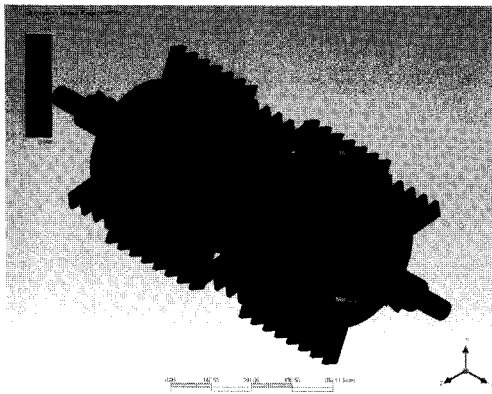


그림 12. 1차 고유진동수 모드

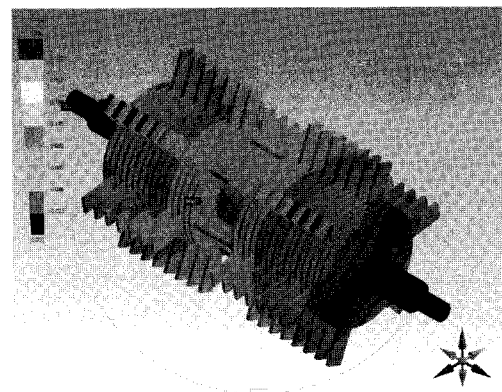


그림 15. 4차 고유진동수 모드

률(Strain)을 나타낸 것이다.

그림 12~그림 17은 회전에 따른 고유진동수를 알아보기 위하여 모달해석을 하였고 결과는 표 4와 같다. 모달해석은 회전수가 100%일 때의 결과값이다.

4. 결 론

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

- 1) 파쇄기가 작동됨에 따라 축이 회전을 하게 되고 축의 토크가 증가함에 따라 반력도 증가하여 축과 베어링의 연결 부분에서 최대응력 및 최대변형률이 발생하였다.

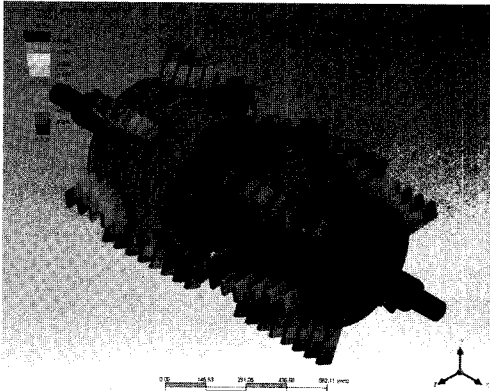


그림 16. 5차 고유진동수 모드

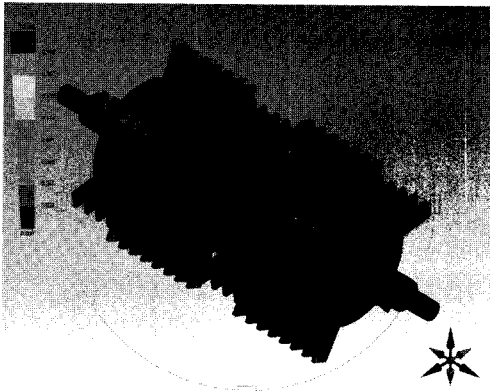


그림 17. 6차 고유진동수 모드

2) 기본 축에서 파쇄기의 날을 분리하여 개별 축으로 설계함으로써 날의 회전이 자유로워 안전사고를 예방할 수 있다.

표 4. 고유진동수의 결과

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

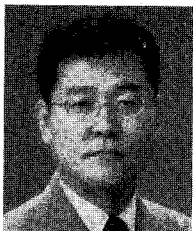
3) 해석결과는 120%이상 적용시에도 허용응력 이내에 있으므로 파쇄기의 안전성 및 견고성을 확립하였고 회전에 따른 진동해석 결과를 통하여 본 제품의 고유진동수를 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 안상욱, 기계공작법, 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.

이 종 선(Jong-sun Lee)

[종신회원]



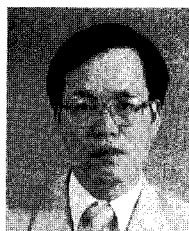
- 1982년 2월 : 국민대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1984년 2월 : 국민대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 국민대학교 기계설계학과 (공학박사)
- 1996년 3월~현재 : 대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 부교수

<관심분야>

최적설계, 생산공학,.....

조 동 현(Dong-Hyun Cho)

[정회원]



- 1986년 2월 : 경남대학교 기계공학과 (공학사)
- 1989년 2월 : 부산대학교 기계설계공학과 (공학석사)
- 1994년 8월 : 부경대학교 기계공학부 (공학박사)
- 1995년 3월~현재 : 대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 부교수

<관심분야>

히트파이프, 열교환기, 공기조화 및 냉동,.....