

다열 고속 파이프 절단기 개발에 관한 연구

이춘만(창원대 기계설계공학과), 신상훈*(창원대 기계설계공학과 대학원)

A Study on the Development of Multi-Way High Speed Pipe Cutting Machine

C. M. Lee(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept. , CNU), S. H. Shin(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept. , CNU)

ABSTRACT

This study presents development of a multi-way high speed pipe cutting machine to improve production rate of pipe cut parts. In this paper, structural and modal analysis for the developed machine is carried out to check safety of the machine design. The analysis is carried out by FEM simulation using the commercial software, CATIA V5. The machine is modeled by placing proper shell and solid finite elements. The final results of analysis are applied to the design of multi-way high speed pipe cutting machine and the machine is successfully developed.

Key Words : FEM(Finite elements method : 유한요소법)

1. 서론

동 파이프 및 기타 비철금속 파이프는 오늘날 여러 산업분야에서 중요 배관 자재로서 활용되고 있다. 파이프의 사용 특성상 다양한 형태로 가공되어져 사용되며 특히 냉동, 공조 분야에 수요가 급격히 늘어나고 있는 추세이다. 주로 다품종 소량 생산함에 있어서 절단 전용 기계를 사용하고 있으나 현 대부분의 국내 업체에서는 파이프 절단 가공에 있어서 1열 절단이 대부분이며 이로 인해 다품종 및 대량 생산체제에 신속 대응하기에 매우 어려운 실정에 처해있다.

현재 국내 산업실태를 보면 자동차산업의 에어컨 및 라디에이터 1차 부품에 소요되는 파이프, 전 세계적으로 매년 수요가 폭발적으로 증가하고 있는 냉동 공조 분야의 에어컨, 보일러, 냉장고에 파이프 가공품이 대량 사용되고 있으며 현재 시스템으로서 는 국제 경쟁력에 대처하기가 힘든 상황이다.

1열 절단 부문에서의 국내 생산 시스템은 1차 절단기에서 일정량을 절단한 후 작업자가 2차로 버

(burr)를 제거한 후 차기 공정으로 작업자가 인계 하는 방식으로서 각 공정마다 별도의 기계와 작업자가 배치되어 단순, 반복 작업함으로써 공정 추가 및 불량 발생으로 생산비용이 상승되는 실정으로서, 현재 고속 절단기는 필란드의 T-Drill사 등에서 1열 절단기를 개발 판매되고 있으나 가격만 고가이지 불량률도 높고 특히 잦은 고장에 A/S도 쉽지 않고 모델교환이 쉽지 않아 고가 장비를 한 가지 모델로 고정 시켜두고 어렵게 사용하다 보니 국내 업체의 열악한 우리 현실에 전혀 맞지 않는 실정이다. 이에 위의 문제점에 대한 대처 방안으로 개발 중인 절단기가 본 연구의 목표인 다열 고속 파이프 절단기이다.

본 연구에서는 이러한 늘어나는 다열 고속 파이프 절단기의 수요에 맞추어 파이프 절단기의 설계 기술 개발과 이를 구현하여 설계된 다열 고속 파이프 절단기의 모드해석 및 구조 해석을 CATIA V5를 이용하여 실시하였다. 이러한 해석을 통하여 파이프 절단기를 설계하여 설계 데이터 확보 및 설계를 하였고 이를 기반으로 기계를 개발하는 것이 본

연구의 목적이다.

2. 구조설계 및 기계요소

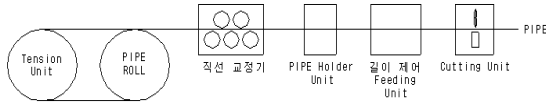


Fig. 1 Process drawing(pipe cutting M/C)

본 연구에서 개발 중인 다열 고속 파이프 절단기는 크게 3가지 시스템의 조합으로 구성되어 있다. 즉 파이프를 공급하는 장치, 공급된 파이프를 직선으로 교정해주는 장치, 일정한 길이로 절단 되도록 조절하는 장치, 공급된 파이프를 절단하는 장치로 구성되어 있다. Fig. 1은 다열 고속 파이프 절단기의 개략도이다.

2.1 직선교정기 및 파이프 고정 장치

파이프 공급 장치로부터 일정한 인장력으로 공급된 파이프를 일직선으로 교정을 하고 교정된 파이프를 절삭하기 쉽도록 고정하는 부분으로 유압 및 스프링에 의해 작동된다.

2.2 길이 제어 공급 장치

고정된 파이프를 절단기에 입력된 길이만큼 공급되게 하는 장치로서 고속과 정밀도를 위해 LM 가이드 방식을 사용하였다. 고속·정확성을 위해서 중요한 장치로서 작동부는 클램프 타입을 사용하였다.

2.3 절단 장치

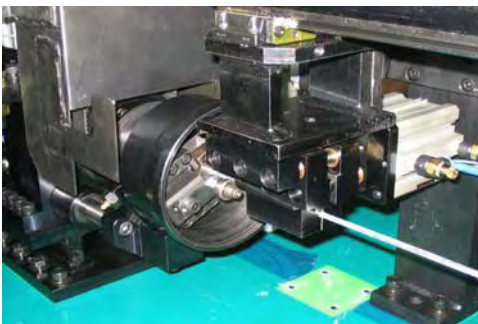


Fig. 2 Pipe Cutting unit

공급된 파이프를 디스크 날과 회전 롤러를 이용하여 버(burr)발생 없이 절단하는 장치이다. Fig. 2 타이밍체인(Timing-chain)을 이용하여 정밀성 유지하도록 설계하였으며 3종 소재를 3종 길이로 각각 다른 부품을 동시에 절단이 가능한 3열 절단장치를 사용하였다. Fig. 2는 절단기에서 중요한 부분인 절단부를 나타낸다.

3. 구조해석 및 분석

설계된 다열 고속 파이프 절단기의 구조해석을 위해 3차원 유한요소 해석을 실시하였다. 일반적으로 여러 개의 구조물이 결합되어 구성된 복합 구조물에 대한 해석은 실제 결과와 비교적 큰 오차를 나타내기 때문에 해석에 대한 신뢰도가 저하된다. 이와 같은 이유는 전체 구조물의 연결부위의 모델링에 실제적으로 작용하는 부하 상태를 충분히 반영하지 못하는 단순화된 요소를 사용하는 것에 기인하기 때문이다. 따라서 각 부분을 최대한 실물에 근접하게 모델링하고 연결 부위에 대한 실제 부하조건에 가까운 모델링을 사용할 때 복합 구조물에 대해서도 신뢰성 있는 유한요소해석 결과를 얻을 수 있다고 판단할 수 있다. 본 연구에서 해석을 위해 사용한 소프트웨어는 CATIA V5이며, 다열 고속 파이프 절단기 각 부의 변위와 응력 및 안전율을 계산하여 설계조건을 충족여부를 검토하였고 모드해석을 수행하여 공진 영역과 채터 진동 주파수 대역을 조사하였다. Fig. 3은 다열 고속 파이프 절단기를 3차원 모델링한 모습이다.

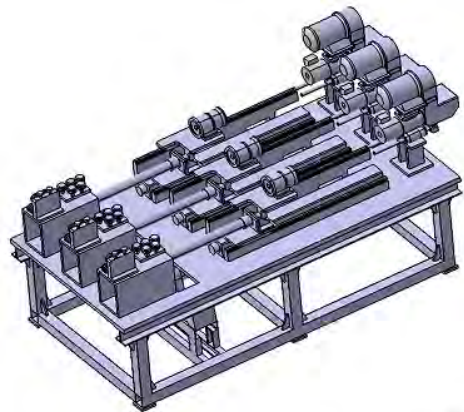


Fig. 3 Modeling of cutting machine

3.1 구조해석

전체 시스템을 모델링하고 각각의 연결부위에 대한 구속조건을 실물과 동일하게 정의한 후 그 정적

강성에 대한 해석을 수행하였다. Fig. 3에서 보는바와 같이 직선교정기, 파이프 고정장치, 길이 제어 공급장치, 절단장치 및 프레임의 4개의 볼륨으로 구분하였고 12353개의 요소와 28937개의 절점으로 나누어 모델링 하였다. ble 1에서 보는 바와 같이 안전율은 32.09로 본 다열 고속그 결과를 Fig. 4와 Fig. 5에 그림으로 나타내었고 안전율을 검토한 결과는 Table 1에 정리하여 나타내고 있다. Fig. 4로부터 전체 구조해석에서 최대 변위가 0.0252 mm가 발생되었으며 그 발생부위는 하위 모터상부임을 알 수 있다. Fig. 5로부터 최대 응력은 전체구조물을 받치고 있는 프레임의 지지부에서 발생하였으며 그 힘은 1.7×10^{-3} Mpa 임을 알 수 있다. Ta 파이프 절단기는 안전함을 알 수 있다.

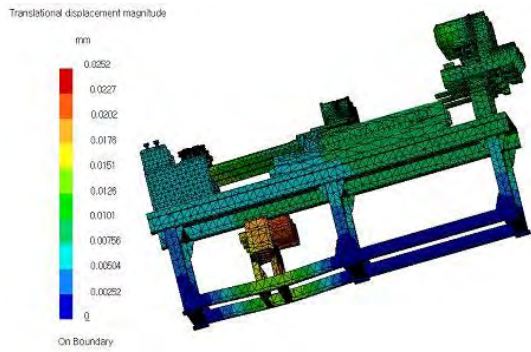


Fig. 4 Static displacement

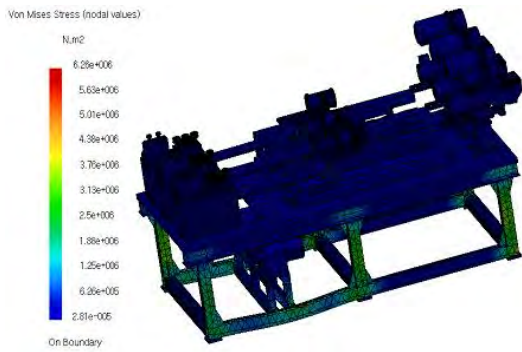


Fig. 5 Von mises stress

Table 1 Result of static analysis for the machine

Max. Axis length [mm]	Maximum Displacement [mm]	Max. Stress [Mpa]	Safety factor
1215	0.0252	1.7×10^{-3}	32.09

3.2 모드해석

Table 2 Result of modal analysis for the machine

Mode number	Frequency [Hz]	Mode number	Frequency [Hz]
1	43.201	6	80.254
2	51.969	7	81.647
3	61.888	8	85.517
4	66.054	9	89.379
5	70.154	10	93.560

동일한 모델링을 이용하여 모드해석을 수행한 결과를 Table 2에 정리하여 놓았다. 모드해석 결과 1차에선 절단기 모터에서 진동모드를 관찰할 수 있었으며 2차에선 절단기 프레임 베드에서 진동모드를 관찰 할 수 있었다. 1차 모드형상 및 2차 모드형상을 Fig. 6, 7에 제시하였다.

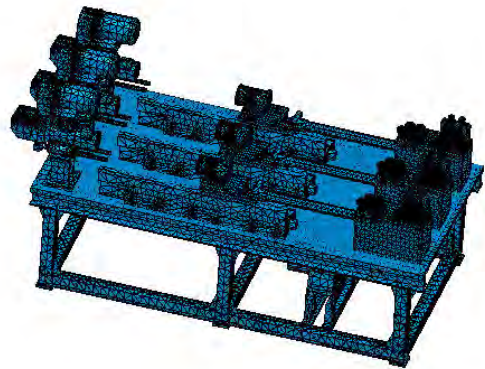


Fig. 6 First mode shape

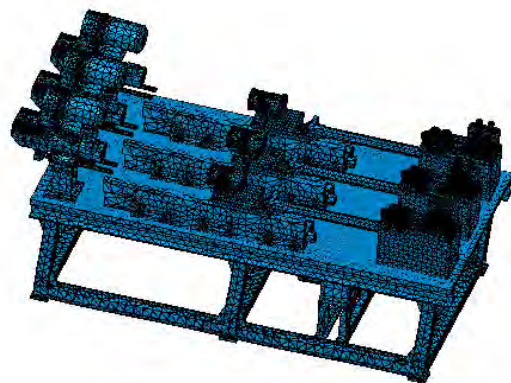


Fig. 7 Second mode shape

본 절단기에서 수행한 CATIA V5의 해석결과를 토대로 2000 rpm의 모터를 설계에 적용하였다. 2000 rpm에서 발생하는 진동수를 구해보면 33.33Hz가 된다는 것을 알 수 있다. Table 2에서 나타난 절단기의 모드해석 결과로 볼 때 절단기에

는 진동에 의한 변형은 고려치 않아도 됨을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 다열 고속 파이프 절단기에 LM 가이드 및 작동부에 클램프 타입을 사용하여 속도와 정밀도를 향상시켰으며 절단부에 버(burr) 발생 없이 3종 소재를 3종 길이로 각각 다른 부품을 동시에 절단이 가능한 3열 절단장치를 개발하였다. 그리고 설계된 구조물의 응력 해석을 위하여 각각의 기계요소들을 CATIA V5를 이용하여 모델링하고 해석을 실시하였다. 유한요소법을 적용 정적해석과 모드해석을 통하여 구조물의 안전함을 확인하였고 모델링을 통하여 설계의 간섭 여부를 체크하고 설계 데이터를 확보 및 설계를 검증할 수 있었다. 이러한 연구를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 현재 다열 고속 파이프 절단기가 제작되고 있다.

후기

본 연구는 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Daryl L. Logan, " A First Course in the Finite Element Method - Third Edition", Brooks/Cole, 345~489, 2001.
2. Shigley, S.E. Mischke, C.R. "Mechanical Engineering Design", McGraw-hill Int'l Ed. pp. 479~523, 1989.
3. Koenigsberger, F., "Design Principle of Metal Cutting Machine Tools", The Macmillan Company, pp. 44~45, 1965
4. C. M. Lee, S. H. Lim, "A Study on the Development of High Speed Feeding Type Laser Cutting M/C", Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference, pp.405~408. 2002.