

## 페룰 연삭기의 안정성평가를 위한 특성해석

황정호\* (한국생산기술연구원), 가충식, 정일용, 안건준(크루셜텍㈜)

### A Study on Characteristic Analysis of Ferrule Co-axial Grinding Machine

J. H. Hwang\* (Korea Institute of Industrial Technology), C. S. Ka, I. Y. Chung, Charles Ahn(Crucial Tec)

#### ABSTRACT

Fiber optic connector, ferrule, is a device to connect and align fiber optics cable on fiber-optic communication system. In this paper, Structural analysis was performed to analyze bed and frame structure of co-axial grinding machine. Deformation and modal analysis for natural frequency was performed using ANSYS Designspace program to analyze structural characteristics. New improved model of bed and frame structure was proposed based on initial basic model.

**Key Words** : Ferrule (페룰), Structural analysis (구조해석), FEM (유한요소해소법), modal analysis (모드해석)

#### 1. 서론

광통신망 구축에 있어 광섬유의 접속을 위한 광 접속기 소자의 하나로 광섬유 정렬의 핵심부품인 페룰이 있다. 광페룰은 통신품질의 향상에 따라 고정밀도의 품질수준을 요구되고 있다. 현재 전세계 페룰시장은 일본이 거의 대부분을 차지하고 있으며, 국내에서 생산되고 있는 동축가공 연삭기는 광페룰의 고급 사양을 생산하기에는 성능면에서 완벽한 기술수준에 도달하지 못하였으며 최근에 국제 가격경쟁력이 더욱 저하되고 있는 실정이다. 그러므로 국내에서도 고정밀 초고속 연삭가공 시스템 개발하여 국내 페룰 생산업체의 경쟁력을 향상시킬 필요가 있으며 이에 대한 국내의 연구도 최근 활발히 진행되고 있다[1].

페룰을 가공하는 페룰 연삭기는 강성을 지닌 베드위에 가공용 연삭 스톨과 페룰의 회전과 연삭숫돌의 상대속도를 조절하는 레귤레이팅 휠, 그리고 페룰을 척킹하기 위한 주축대와 심압대의 척킹시스템으로 구성되어 있다.

페룰의 고정밀도 마무리가공을 위해서는 동축가공 연삭기의 이송계 및 베드의 고정밀도와 강성, 동축가공 연삭시 공작물을 지지하는 척킹시스템과 진원도에 의해 공작물인 페룰의 형상정밀도가 중요하다.

본 연구에서는 페룰 동축 가공 연삭기의 개발을 위해 연삭기의 구조적 특성을 파악하고 이를 설계

에 반영하여 보다 안정된 연삭기를 제작하고자 유한요소프로그램인 ANSYS 를 이용하여 동축연삭기의 구조적 특성을 설계 단계에서 해석해 보았다.

초기 설계된 동축가공 연삭기에 대한 구조적 특성을 파악하기 위하여 베드 상부 구조물의 자중에 의한 변형량 및 고유진동수 모드해석을 수행하였으며 이를 바탕으로 개선된 베드의 형상을 설계하여 이에 대한 구조해석을 수행하였으며 그 결과를 고찰해 보고자 한다.

#### 2. 페룰 동축가공 연삭기의 설계안

페룰의 베드위에는 연삭 휠과 레귤레이팅 휠, 그리고 척킹시스템이 놓이게 된다. 그림 1 은 베드 뒷면의 리브형상을 나타낸 것이고, 그림 2 은 베드와 하부프레임의 전체 기본 모델을 나타낸 것이다.

베드에 작용하는 하중을 계산하기 위하여 베드 위 구조물의 자중을 측정하거나 모델링한 결과, 연삭휠 부위에 약 207kgf 의 하중이 레귤레이팅휠과 척킹부에 약 111kgf, 그리고 나머지 부위에 약 30kgf 의 하중이 작용하고 있는 것으로 파악되었다.

그러므로 이러한 하중과 구동시 부하에 의한 동적 하중을 지지하고 가공정밀도를 유지하기 위해서는 베드위 강성과 이를 지지하는 하부프레임의 강성이 중요하므로 이에 대한 특성해석이 필요한 것으로 판단된다.

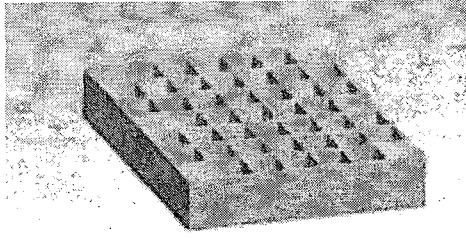


Fig. 1 Bottom view of Bed

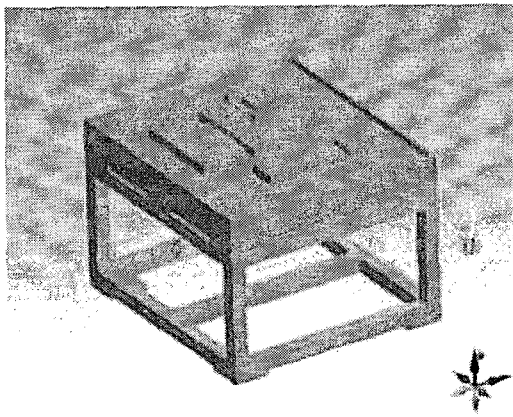


Fig. 2 Basic model of Bed and Frame

### 3. 동축가공 연삭기의 구조해석

동축가공 연삭기의 구조해석은 기본모델에 대해 구조해석을 수행하고 해석결과를 바탕으로 이에 대한 개선모델을 제안하고 특성을 파악하는 형식으로 진행되었다.

구조적 특성을 파악하기 위하여 베드의 자중을 포함한 베드위의 구조물의 하중에 의한 변형량을 해석하였으며, 베드를 포함한 전체 형상에 대한 고유진동수 모드해석을 수행하였다.

해석을 위한 물성치는 다음 표 1 과 같다. 이번 설계에서는 베드는 주물로 제작하고 하부 프레임은 탄소강재로 되어 있으며 구조해석은 ANSYS 의 Design Space 을 이용하여 해석을 수행하였다.

Table 1 Material properties of Grinding machine

Cast Iron /Bed	Elastic Modulus	103GPa
	Density	7,300 kg/m <sup>3</sup>
	Poisson ratio	0.3
Steel (SS440) /Frame	Elastic Modulus	200 GPa
	Density	7,850 kg/m <sup>3</sup>
	Poisson ratio	0.32

### 3.1 기본 베드와 프레임의 구조해석

그림 3 은 동축가공 연삭기의 기본형태의 베드와 하부프레임의 모델링에 대한 유한요소생성 결과를 보여준다. 해석을 위한 요소는 10-절점 사면체 요소와 베드와 프레임간의 접촉요소를 사용하였으며, 전체 절점수는 80,548 개, 요소수는 45,821 개 이다.

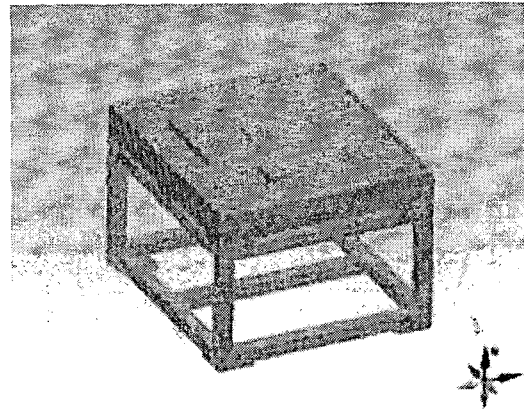


Fig. 3 Finite element modeling of basic model

구조적으로 드와 하부프레임간의 접촉이 이루어지고, 프레임의 바닥에는 앵커볼트가 체결되어 있다. 그러므로 해석을 위한 경계조건으로 베드와 프레임간에 접촉의 경계조건을 부여하였으며, 프레임의 하부에는 고정조건을 부여하였다. 하중은 베드 위 구조물의 무게와 자중을 고려하였다.

그림 4 는 정적해석 수행결과 전체 변형량을 나타낸 것이다. 전체 변형량은 베드상판의 큰 하중이 작용하는부위에서 가장 크게 나타났으며(29.4um), 이는 대부분 베드에 수직방향(z 방향)에 대한 처짐에 기인한다.

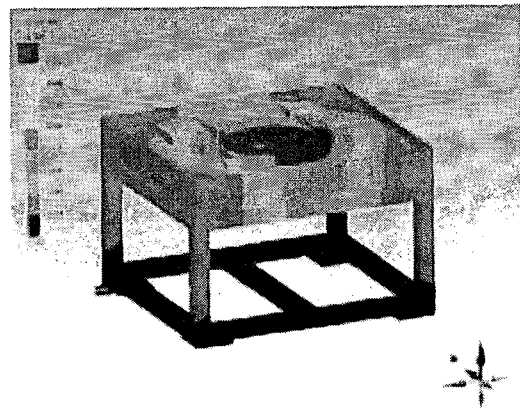


Fig. 4 Total deformation of Basic model

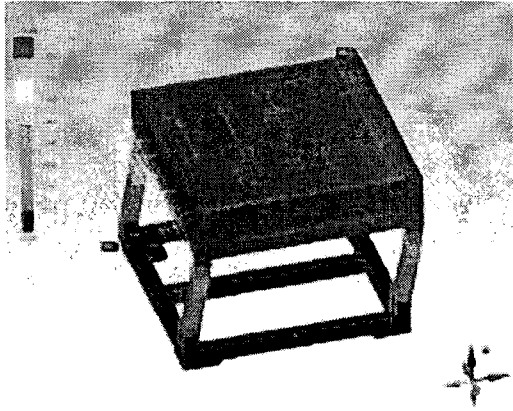


Fig. 5 Mode shape of 1<sup>st</sup> mode

진동특성을 파악하기 위해 모드해석을 수행하였으며(그림 5) 각 모드별 고유진동수값을 표 2에 나타내었다. 모드해석결과 1, 2차모드에서 좌우(x축) 방향 및 y 방향으로의 진동 모드가 나타났는데 이에 대한 보강이 필요한 것으로 보인다.

Table 2 Results of first 5 Natural Frequency

모드	1차	2차	3차	4차	5차
[ Hz ]	39.2	40.0	60.6	159.2	228.5

### 3.2 보강된 프레임의 구조해석

기본 형태의 베드와 하부프레임에 대한 구조해석결과 강성을 보강하고자 하부 프레임을 보강하는 모델을 제안하였다. 그림 6은 모델링은 하부 프레임에 보강 지지대를 추가한 형상이다.

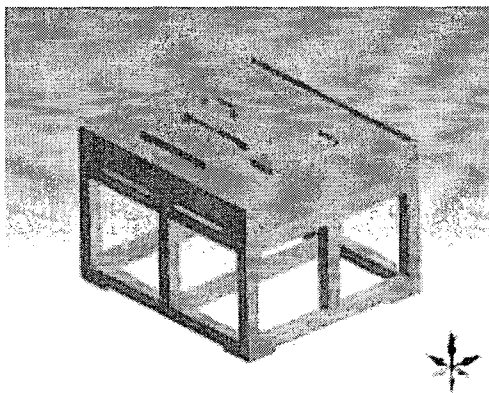


Fig. 6 Improved model of Bed & Frame(Type II)

하부프레임에 보강 지지대를 추가한 베드와 프레임에 대한 구조해석을 수행한 결과를 그림 7에 나타내었다. 그림 7에서 전체변형량은 보강된 하부 지지대에 의해 일부 감소하였으며 모드해석에 의한 진동특성이 일부 개선되었음을 알 수 있다. 그러나 일부 모드에서 정상운전조건에 해당하는 모드특성을 보이고 있어 이에 대한 강성의 대책이 필요한 것으로 파악되었다.

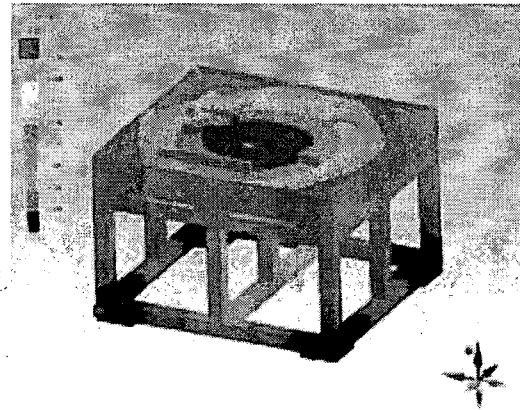


Fig. 7 Results of total deformation of Type II

그리하여 이부분을 개선하고자 그림 8과같이 베드에 인접한 프레임의 상단부에 삼각형 웨지를 추가한 형상을 제안하였다.

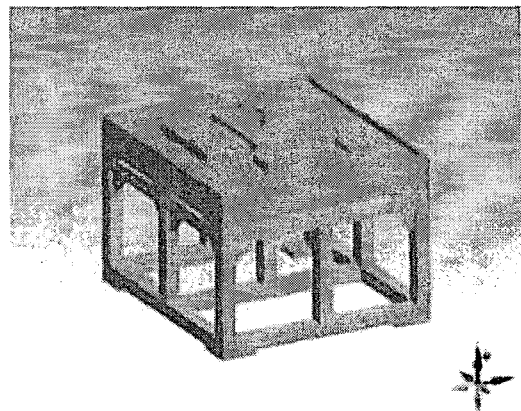


Fig. 8 New model of Bed & Frame(Type III)

그림 9는 개선된 모델에 대한 구조해석 결과 전체 변형량을 나타낸 것이다.

이와 같이 초기의 설계 모델에 대해서 개선된 설계 모델을 제시하고 이에 대한 변형량 및 모드해석을 수행하여 설계에 대한 검증 실시하였다.

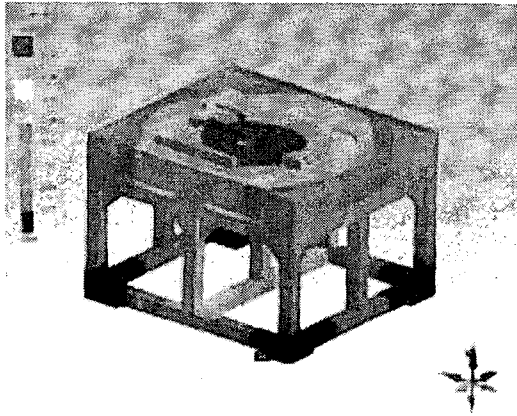


Fig. 9 Results of total deformation of Type III

표 3 은 기본 베드와 프레임형상(Type I)에서 하부프레임을 개선한 형상(Type II)와 여기에 프레임의 상단부를 개선한 형상(Type III)에 대한 전체 변형량 해석 및 모드해석의 결과를 정리한 것이다.

Table 3 Results of first 5 Natural Frequency

		Type I	Type II	Type III
Total deformation[um]		29.4	26.2	24.3
Mode [Hz]	1 <sup>st</sup>	39.2	49.5	59.0
	2 <sup>nd</sup>	40.0	52.1	60.5
	3 <sup>rd</sup>	60.6	72.5	85.3
	4 <sup>th</sup>	159.2	170.7	179.2
	5 <sup>th</sup>	228.5	250.2	257.7

표 3 에서 보듯이 최종적인 형상에서의 전체 변형량은 25um 이하로 개선되었으며, 공진모드는 동축가공기의 정상운전조건(약 3,000rpm)에 비해서 안정하다고 볼 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 페룰 동축가공 연삭기의 개발을 위해 초기 설계단계에서 베드 및 하부프레임의 설계안을 제시하고 이에 대한 구조적 특성해석을 통하여 개선된 설계 모델을 제시하였으며 결과를 고찰해 보았다. 해석 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 베드위에 놓이는 구조물의 하중과 베드 및 하부프레임의 자중을 고려한 전체 변형량해석에서 하부프레임을 보강하여 전체 변형량을 감소시킬 수 있었다.

(2) 고유진동수값을 알아보기 위한 모드해석결

과 초기 디자인에서는 정상운전조건에서 공진모드에 해당하는 진동특성이 나타났으나 하부 프레임을 보강하여 공진모드를 개선시키는 해석결과를 보여주었다.

(3) 모드해석결과 운전조건이 공진모드를 벗어나긴 했으나 보다 안정적인 상태에서 작업을 수행하기 위해서는 하부프레임에 대한 강성을 보다 더 높이는 방안을 고려할 필요가 있다.

(4) 향후에는 베드위의 연삭숫돌의 정상 운전조건에서의 부하하중을 고려하여 전체 강성을 고려하고 응력해석을 통하여 최대등가응력에 대한 안전율을도 고려할 필요가 있다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부에서 주관하는 "고기능성 부품용 지능형 연삭시스템개발"의 지원에 의해 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 고기능성 부품가공용 지능형 연삭시스템 개발, 연구보고서, 산업자원부, 2003
2. 정일용, 최영재 외, "페룰가공용 동축 연삭기 주축계의 열특성 해석," 한국정밀공학회지, 제 20 권, 5 호, pp. 18-21, 2003.
3. 박봉진, 이은상외, "페룰가공용 무심연삭기의 가공변수에 관한 연구," 한국정밀공학회 춘계학술대회, pp. 28-31, 2002.
4. 김동길, 이상조외, "원추형 센터와 불형센터를 이용한 페룰 동축 연삭시 척킹에 관한 연구," 한국 정밀공학회지, 제 20 권, 제 2 호, pp. 40-49, 2003
5. 박천홍, 황주호 외, "페룰 가공용 무심연삭기 이송계 개발," 한국정밀공학회 추계학술대회, pp. 65-69, 2002.
6. 이석우, 최현중 외, "동축 가공기용 드레싱 장치 개발," 한국정밀공학회 추계학술대회, pp. 65-69, 2002.
7. 정일용, 황정호 외, "페룰 동축가공 연삭기 특성 해석에 관한 연구," 한국정밀공학회 춘계학술대회, 2004.