

## 동축 가공기용 드레싱 장치 개발

이석우\*, 최현종(한국생산기술연구원), 안건준, 최동열((주)크루셜텍)

### Development of Dressing System for Co-axial Grinding Machine of Ferrule

S. W. Lee\*, H. Z. Choi(Korea Institute of Industrial Technology)  
K. J. Ahn, D. Y. Choi(Crucialtec Co., Ltd.)

#### ABSTRACT

Using zirconium ceramics makes the ferrule, which is the part of optical communications. The quality of optical communications is directly affected by the concentricity of the optic ferrule. The products of optic ferrule should be meet the following general conditions which are the outer diameter of 2.5mm and the inner diameter of 0.125mm, and high quality conditions which are the concentricity of 0.1~0.3 $\mu\text{m}$ , the form accuracy of 0.2 $\mu\text{m}$ , the roundness and the cylindricity of 0.1 $\mu\text{m}$  and the surface roughness of 10nm.

Generally, the diamond wheel is used for the high efficiency and precision grinding of the materials. It is good for keeping the shape as it has little wear. Because of the loading phenomena, however, it is difficult to keep the fresh surface of the wheel. In grinding process, grinding fragments resemble fine powders rather than chips. It can easily get attached to the wheel surface and thus cause a loading. The loading takes place, in which the impurities stick to the wheel surface, and the grinding characteristics of wheel is deteriorated. To prevent all of these, a suitable dressing method should be used for the wheel.

In this research, the dressing system for co-axial grinding machine was designed and produced for the machining of ferrule, which is a high performance part. The performance of the developed dressing system was evaluated by measuring the form accuracy of ferrule, which is machined by the dressed wheel in developed dressing system.

**Key Words :** Co-axial grinding machine(동축가공기), Optic ferrule(광페루), Diamond wheel(다이아몬드 숫돌)  
Loading(눈막힘현상), Roundness(진원도), Concentricity(동심도), Dressing system(드레싱장치)

#### 1. 서론

미래 통신 산업의 발전은 대용량 전송 및 저손실의 통신품질을 기초로 하는 사업이며, 현재 급속한 발전을 하고 있는 인터넷사업과 세계 각 나라의 초고속 정보통신망 구축에 따라 광통신망을 기본으로 구축하고 있다. 위성통신과 고도한 무선통신 또한 광통신망을 기초로 발전하고 있으며, 한국을 포함한 통신선진국들은 기존의 동축 통신망을 광통신망으로 계속 대체하고 있다. 또한 21C초를 목표로 통신선진국들은 현재 광통신망을 학교, 병원 기관 등의 Building까지 구축 (Fiber To The Office, FTTO)을 시행하고 있지만, 궁극적인 목표는 모든 가입자망 (Fiber To The Home, FTTH)까지 광통신망을 구축하

는 것이므로, 미래의 광통신시장의 발전은 무궁할 것으로 판단된다.

현재 광통신환경에서 광케이블 간을 연결하기 위한 부품으로 가장 많이 사용되어지는 것이 광 페루인데 광 페루를 이용하는 직접연결방식에서의 통신품질은 광파이버가 삽입되어 서로 접촉하게 되는 광페루 내경의 동심도 품질에 크게 의존한다. 일반적으로 사용되어지는 광 페루은 길이 10.5mm, 외경 2.5 mm, 내경 0.125mm의 사양을 가지는 지르코니아 세라믹스 사출체로서 초경재질의 특성을 가진다. 현재 광 페루의 생산 공정은 세라믹 파우더를 사출, 소결하여 블랭크를 제작하고 외경황삭, 내경가공, 동축가공, 외경정삭, 전장가공 등의 공정으로 이루어지는 초정밀 가공공정이라 할 수 있다.

현재 폐를 가공용 연삭기는 일본이 전 세계 시장의 95%를 장악하고 있으며, 국내의 일부 업체에서도 생산을 하고 있으나, 초정밀, 초미세 연삭시스템의 경우 핵심연삭공정에 사용되는 핵심연삭기는 전량 수입되고 있는 실정이다. 고급 광 폐를의 경우  $0.1\sim0.3\mu\text{m}$ 의 동심도와  $\pm 0.2\mu\text{m}$ 의 외경차수 관리,  $0.1\mu\text{m}$ 대의 진원도와 원통도 및  $10\text{nm}$ 의 표면조도( $\text{Ra}$ )를 구현해야 하는 제품이다. 현재 세계적인 추세는 과거 전통적인 Wire를 이용한 Centerless방식으로 가공하는 방식에 초미세 Pin을 이용한 고속 원통연삭방식으로 급속하게 변화하는 추세이다.

본 연구에서는 고기능성 부품인 광 폐를을 동축 가공하기 위한 연삭시스템인 동축가공기용 드레싱 장치를 설계 제작하였다. 개발된 드레싱 장치에서 드레싱 된 숫돌을 이용하여 광 폐를을 가공한 후 폐를의 형상정밀도를 측정함으로써 개발된 드레싱 장치의 성능을 평가하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 드레싱 장치의 설계

광통신용으로 사용되는 광 폐를의 가공 정밀도는 상기에 명기한 것과 같이 고정밀도를 요구하고 있기 때문에 가공기의 이송 정밀도, 척킹 시스템, 가공조건 등도 중요하지만 연삭 가공을 하는 숫돌의 상태도 중요하다. 새로운 숫돌을 플런지에 장착 한 후 주축에 설치하여 회전 시키면 숫돌 외주 부분이 동심이 아니어서 반드시 트루잉을 하여야만 하고, 가공 중에 일정량을 가공을 하면 숫돌 입자의 마멸과 숫돌 표면의 눈막힘 현상 등에 의해 숫돌의 표면을 깨끗이 하여 주는 드레싱 작업을 하여야 하는데, 이 두 경우 모두 드레싱 시스템에서 작업이 이루어진다.

현재 일본에서는 동축가공기에 드레싱 장치를 설치하여 드레싱을 하는데 본 연구에서는 동축가공기와 동일한 형태의 동축가공기용 드레싱 장치를 제작하기로 하였다. 이는 향후 고급 광 폐를을 생산하기 위해서는 숫돌의 드레싱이 더욱 중요하므로 드레싱을 하는 시간동안 광 폐를의 생산이 이루어지지 않는 문제점을 해결하기 위해서이다. 또한 생산성을 향상시키기 위해서는 드레싱 시간을 단축하여야 하는데 이 경우에는 연삭숫돌의 표면이 좋지 않아 고급 폐를의 생산에는 문제가 발생하게 된다. 그리고 현재 광 폐를의 생산 시스템은 자동화하면서 소형으로 설계가 되어지고 있는데 드레싱 장치가 가공기에 설치가 되면 전체적인 크기나 이송거리등이 커지게 되는 단점이 있다.

이러한 단점을 보완하기 위하여 본 과제에서는

Fig. 1에 나타낸 것과 같이 동축가공기와 동일한 베드를 가지고 상황에 따라 다이아몬드 드레서와 GC 숫돌에 의한 드레싱을 할 수 있는 드레싱 장치를 설계하였다. 숫돌을 회전시키는 주축은 동축가공기와 동일한 사양을 사용하여 드레싱 장치에서 드레싱이 끝난 숫돌을 플런지와 함께 동축가공기에 설치함으로써 동축가공기에 설치 시의 오차를 없애도록 하였다.

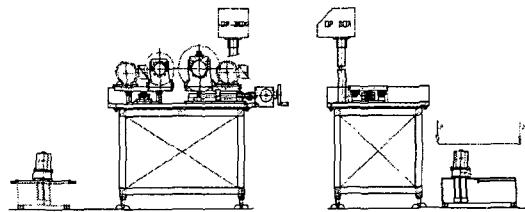


Fig. 1 Schematic diagram of dressing system

### 2.2 드레싱 장치의 제작

광 폐를 가공용 동축가공기에 사용되는 다이아몬드 숫돌의 사양을 Table 1에 나타내었다. 레진본드 다이아몬드 숫돌을 사용하고 있으며 광 폐를 1개 당 외경 가공량은 약  $50\sim90\mu\text{m}$ 으로써 약 1,000개의 폐를을 가공한 후에 다이아몬드 숫돌을 드레싱 하여 준다.

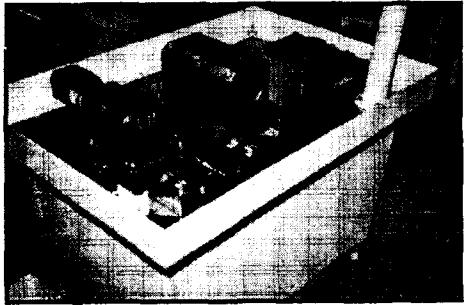
Table 1 Specification of diamond wheel

Diamond wheel specification	
Wheel mark	SD140N100B
Wheel mesh	#140 Diamond wheel
Wheel bond	Resinoid bond
Wheel speed	3,500rpm
Wheel dressing	폐를 약 1,000개 가공 후 드레싱
폐를 외경 기준 가공량	$50\sim90\mu\text{m}$

Fig. 2에는 실제 제작한 드레싱 장치를 보여주고 있다. 현재 제작된 드레싱 장치는 초기 제작 모델이기 때문에 드레싱 깊이는 수동으로 조정하게 되어 있으나 드레싱 시 드레싱용 GC 숫돌의 좌우 이동을 모터를 이용한 자동이송이 가능하도록 하였다. 드레싱 시 숫돌의 속도 조절은 인버트를 이용하는데 인버트

의 주파수를 조정함으로써 숫돌의 회전속도를 조절할 수 있다.

또한, 드레싱 장치의 구동 즉, 숫돌의 회전과 좌우 이송 등의 기본적인 구동은 Fig. 2에 나타낸 것과 같이 PLC로 제어할 수 있도록 하였다.



(a) Assembly of dressing system

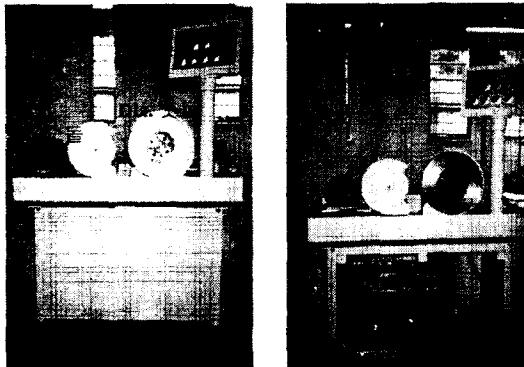


Fig. 2 Dressing system for co-axial grinding machine of ferrule

### 2.3 드레싱 공정

드레싱 공정은 숫돌을 새로이 플린지에 장착한 경우와 사용 중에 숫돌의 눈막힘 현상과 입자의 마모 등이 발생하여 숫돌 표면을 드레싱 하는 경우로 나눌 수 있다.

Fig. 3은 드레싱 방법을 나타낸 그림이다. 드레싱 방법은 신규 드레싱 숫돌의 경우는 1차, 2차, 3차에 걸쳐 진행되며, 재 드레싱의 경우는 2번의 드레싱 공정을 거치게 된다. 신규 드레싱 숫돌 경우의 1차 드레싱 방법은 연삭숫돌을  $2\mu\text{m}$  절입한 후 드레싱 숫돌인 GC 숫돌을 오른쪽으로 이동하며 드레싱 한다. 이때 이동시간은 25mm 이동하는데 약 5초가 걸리도록 설정하였다. 다시 연삭숫돌을  $2\mu\text{m}$  절입한

후 GC 숫돌을 왼쪽으로 이동한다. 이러한 드레싱 작업을 반복하면서 드레싱 하여 1차 드레싱에서 연삭숫돌을 반경방향으로 1.5mm(각  $2\mu\text{m}$ 씩 좌우왕복을 1회로 하였을 경우 375회 반복) 절입한다. 이때의 GC 숫돌의 이동시간은 총 62.5분, 연삭숫돌의 절입시간은 약 15분정도가 소요된다.

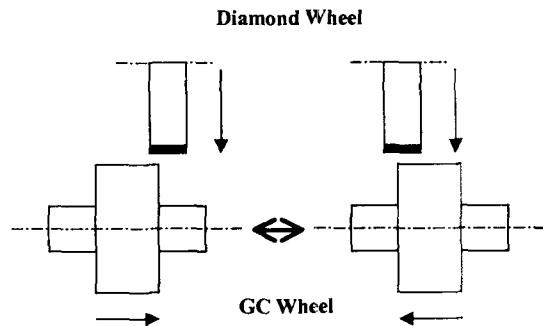


Fig. 3 Dressing mechanism of developed dressing system

2차 드레싱 공정은 연삭숫돌을  $2\mu\text{m}$  절입하며, GC 숫돌을 오른쪽에서 왼쪽, 왼쪽에서 오른쪽으로 1왕복하며 가공한다. 이때 50mm(25mm 왕복기준) 이동하는데 15초가 걸리도록 설정하였다. 위의 방법을 반복하면서 연삭숫돌을 반경방향으로 0.2mm(100회 반복) 절입한다. 2차 드레싱 때에는 이동시간이 25분, 절입시간이 약 2분이 소요된다.

3차 드레싱의 경우에는 연삭숫돌을  $2\mu\text{m}$  절입 한 후 GC 숫돌을 오른쪽에서 왼쪽, 왼쪽에서 오른쪽으로 2번 왕복하며 가공한다. 이때 100mm(25mm를 2회 왕복) 이동하는데 15초가 걸리도록 설정하였다. 위의 방법을 반복하면서 연삭숫돌을 0.1mm( $2\mu\text{m}$ 씩 좌우 2왕복을 1회로 하였을 경우 50회 반복)를 절입한다. 3차 드레싱 때에는 이동시간이 12.5분, 절입시간은 약 1분정도 소요된다. 이상과 같은 드레싱 공정을 통하여 신규 숫돌의 경우에는 전체 드레싱 시간이 약 118분 정도가 소요된다.

재 드레싱시의 드레싱방법은 1차의 경우 연삭숫돌을  $2\mu\text{m}$  절입 한 후 GC 숫돌을 오른쪽에서 왼쪽, 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하며 가공한다. 이때 이동시간은 50mm(25mm 왕복기준) 이동하는데 15초가 걸리도록 설정하였다. 위의 방법을 반복하면서 연삭숫돌을 총 0.5mm(총  $2\mu\text{m}$  좌우왕복을 1회로 하였을 경우 250회 반복)를 절입한다. 이 드레싱공정에서 걸리는 시간은 이동시간이 62.5분, 절입시간이 약 5분 소요된다.

2차 드레싱 공정의 경우에는 연삭숫돌을  $2\mu\text{m}$  절입 한 후 GC 숫돌을 오른쪽에서 왼쪽, 오른쪽에서

원쪽으로 2회 왕복하며 가공한다. 이때 이동시간은 총 100mm(25min 2회 왕복기준) 이동하는데 15초가 걸리도록 설정하였다. 위의 방법을 반복하면서 연삭숫돌을 반경 방향으로 0.1mm( $2\mu\text{m}$ 씩 좌우 2회 왕복을 1회로 하였을 경우 50회 반복) 절입한다. 2차 드레싱 공정에서 소요되는 드레싱 시간은 이동시간이 12.5분, 절입시간이 약 1분 소요된다. 이상과 같은 드레싱 공정을 통하여 연삭숫돌의 재 드레싱에는 약 81분 정도의 시간이 소요된다.

## 2.4 가공실험

본 과제에서 개발된 동축가공기용 드레싱 장치를 이용하여 다이아몬드 숫돌을 가공한 후 광 폐를의 동축가공 실험을 하여 가공되어진 광 폐를의 동심도를 측정하였다. 일반적으로 동심도는 가공되어진 광 폐를을 전수 검사하여 광 폐를의 품질을 관리하고 있다. 현재 본 과제에서는 동축가공기에서 가공되어진 광 폐를의 동심도가  $0.8\mu\text{m}$  이내로 들어오면 품질 검사에 합격한 것으로 판단한다.

Fig. 4에 나타난 것과 같이 100개의 폐를을 가공하여 전수 검사한 결과 동심도가  $0.3\mu\text{m}$ ~ $1.3\mu\text{m}$  사이로 측정되었다. 100개 중 92개가 동심도  $0.8\mu\text{m}$  이내에 들어 왔다. 그러나 이 중에서도 초기 폐를을 가공하기 위하여 척킹 시스템을 보완하여 주기 이전인 40개의 폐를을 가공할 때 6개의 폐를이 동심도가  $0.8\mu\text{m}$  이상이 나왔으며, 척킹 시스템을 수정한 후 60개의 폐를을 가공 중에는 2개의 폐를만이 동심도  $0.8\mu\text{m}$  이상이 나왔다. 따라서 본 과제에서 개발한 드레싱 장치를 이용하여 폐를을 가공한 경우에는 동심도 측정 품질 관리에서 약 96% 정도의 합격률을 나타내고 있다.

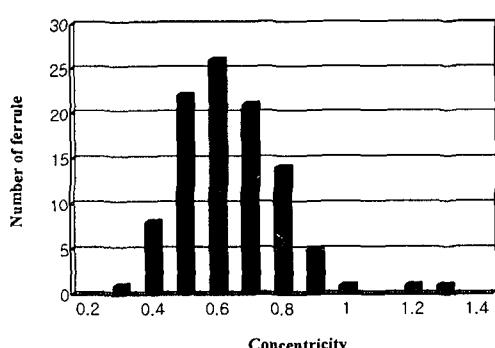


Fig. 4 Concentricity distribution of ferrule

## 3. 결론

광 폐를을 동축 가공하기 위한 동축가공기용 드레싱 장치를 설계·제작하여 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 동축가공기에서 드레싱을 할 경우에는 드레싱 시간동안 광 폐를의 생산을 하지 못하기 때문에 생산성을 고려하여 동축가공기와 동일한 주축을 갖는 드레싱 전용장치를 설계·제작하였다.

2) 개발된 드레싱 장치는 다이아몬드 드레서와 GC 숫돌을 다 사용할 수 있도록 설계하였으며, 숫돌의 회전수 제어는 인버터를 이용하였고 시스템의 구동은 PLC를 이용하여 제어하였다.

3) 연삭숫돌의 절입은 수동으로 하며, GC 숫돌의 좌우 이동은 자동으로 구동하도록 하여 구동 속도 등을 제어할 수 있게 하였다.

4) 제작된 드레싱 장치를 이용하여 신규 연삭숫돌을 드레싱 할 경우에는 드레싱 시간이 약 118분 정도 걸렸으며, 가공을 한 연삭숫돌을 재 드레싱 할 경우에는 드레싱 시간이 약 81분 정도가 소요되었다.

5) 제작된 드레싱 장치를 이용하여 다이아몬드 숫돌을 드레싱 한 후 가공되어진 폐를의 동심도를 전수 검사한 결과 약 96% 정도의 품질 합격률을 보였다.

## 후기

본 연구는 산업자원부에서 주관하는 중기거점 사업인 “고기능성 부품가공용 지능형 연삭시스템”의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Jahanmir, "Machining of Ceramics and composites", Marcel Dekker, Inc, 1999.
2. 이응숙, 이성국, 황경현, 정명영, 최태구, “광 커넥터용 세라믹 Ferrule가공기술 개발에 관한 연구”, 한국정밀공학회지 제9권, 제3호, 1992.
3. 정윤교, 강재훈, “파인세라믹의 연삭가공특성”, 한국정밀공학회지 제 7권, 제 2호, 1990. 6
4. Albert J. Shih, “An experimental investigation of rotary diamond truing and dressing of vitreous bond wheels for ceramic grinding”, Machine Tools & Manufacture 40, 2000.