

척킹 평형 정렬 오차에 따른 지르코니아 세라믹스 페룰의 연삭 가공 특성

이석우*, 김기환, 최영재, 최헌중 (한국생산기술연구원)

The Grinding Machining Characteristics of ZrO₂ Ceramics Ferrule in the Chucking Alignment Error

S. W. Lee, G. H. Kim, Y. J. Choi, H. Z. Choi (KITECH)

ABSTRACT

As the optical communication industry is developed, the demand of optical communication part is increasing. ZrO₂ ceramic ferrule is very important part which can determine the transmission efficiency and information quality to connect the optical fibers. In general ZrO₂ ceramic ferrule is manufactured by grinding process because the demands precision is very high. And the co-axle grinding process of ZrO₂ ceramic ferrule is to make its concentricity all of uniform before centerless grinding. When co-axle grinding of ferrule supported by two pin, pin chucking alignment accuracy is very important. This paper deals with the analysis of the chucking alignment experiment with parallel error on the micro feeding equipment. Thus, if possible be finding highly good the chucking alignment of two pin.

Key Words : ZrO₂ ceramics ferrule (지르코니아 세라믹스 페룰), concentricity (동심도), chucking alignment (척킹 정렬), parallel error (평형오차), micro feeding equipment (미세 이송 장치)

1. 서론

최근 음성, 화상 등 대량의 데이터를 통신하는 차 세대의 정보 인프라로서 종래의 전화선을 광파이버로 교체하기 위한 "Fiber To The Home"이 현재 진행되고 있다. 이것을 배경으로 광통신의 단말기나 교환기는 폭발적인 증가를 보이고 있다. 광섬유의 접속 또는 분기 시 사용하는 페룰은 광섬유를 보호하고 데이터의 손실을 줄이기 위해서는 초정밀 연삭 가공이 필수적이다. 지르코니아 세라믹스는 산화물계 세라믹으로서 기계적 강도와 파괴인성이 높고, 내마멸성, 내화학적성, 내식성이 우수하여 광통신 부품 등 여러 분야에 응용되고 있다.¹

광통신용 페룰의 동축 가공을 목적으로 하는 초미세 동축 가공 연삭시스템은 페룰을 기존의 와이어를 이용하여 외경 가공하는 형태가 아니라 심압대에 페룰을 물려서 가공하는 형태이다. 초미세 동축 가공 시스템에서는 주축대와 심압대의 양 센터 핀 간의 정렬이 페룰의 동심도에 큰 영향을 준다. 페룰의 가공

정밀도를 향상시키기 위해서는 페룰을 잡아주는 척킹(Chucking)시스템의 양쪽 센터 핀의 정렬이 미크론 단위로 정밀하게 제어되어야 한다.² 하지만 양쪽 센터핀의 정렬을 정밀하게 조정하기는 어려운 상황이다. 정렬오차의 양을 판단하는 것은 가공된 페룰의 원통도의 선단부와 후단부 간의 외경 치수 차이를 기와 측정을 통해 판단이 가능하다. 그러나 기와측정의 경우, 초기 정렬을 하는데도 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 가공 중에 발생하는 센터의 오차도 실시간으로 측정이 어려워 일정량의 페룰을 가공한 후 측정을 통하여 센터 핀의 센터 정렬을 보정하여 준다. 그러나 이러한 방법은 페룰의 품질을 일정하게 유지하기가 어려운 실정이다.

따라서 본 논문에서는 임의의 위치에서의 가공된 지르코니아 세라믹스 페룰의 동심도를 측정하고, 선단부와 후단부간의 외경 차이를 계산하여 각각 도표화 하고, 이를 통해 외경치수차이와 동심도간의 측정 data를 바탕으로 센터핀의 평형정렬오차가 얼마나 틀어졌는지 예측하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험장치

본 연구에서는 Fig. 1과 같은 동축가공 연삭시스템을 사용하였으며, 이의 주요사양은 Table 1과 같다. 연삭숫돌의 입자는 다이아몬드이고, 결합제로는 래진본드, 결합도 N, 집중도 100, 매쉬입도 140을 사용하였으며, 휠의 치수(내경x외경x폭)는 95 x 280 x 12(mm)이며, 재질은 SUS이다. 동축 가공의 이송부는 마이크론 단위의 페룰 가공을 위해서 0.1 μ m 이하의 미소 걸임 분해능을 가지는 볼스크류와 서보모터를 이용하였으며, 서보 모터는 CNC컨트롤러를 사용하여 제어한다.



Fig. 1 Co-axle grinding machining system

Table 1 Specifications of experimental system

Item		Specification
Spindle	Bearing Type	Angular Ball Bearing
	Radial Stiffness (N/ μ m)	≥ 100
	Radial Run-out (μ m)	≤ 0.5
	Maximum Speed (rpm)	10,000
	Vibration Amplitude (μ m)	≤ 0.5
	Heat Generation ($^{\circ}$ C)	5
Feeding System	Maximum Speed (mm/sec)	200
	Maximum Stroke (mm)	70
	Minimum Feed (μ m)	0.1
	Actuator	Servo Motor
Chucking System	Chucking Alignment (μ m)	≤ 0.3
	Roundness of Center-pin (μ m)	≤ 0.3
Loading & Unloading System	Speed of Loading and Unloading (pcs/min)	≥ 10
Cooling System	Rate of Purification (%)	≥ 95

2.2 미세이송조정장치 제작

센터핀의 위치를 미세하게 조정하기 위해서 이송조정장치를 설계 및 제작 하였다. 정확한 조절을 위해서는 주축대와 심압대측의 센터핀의 위치를 조절이 가능하게 하여야 하나, 쉽게 조절할 수 있는 주축대측에 미세이송조정장치를 부착하였다. 각 축의 이송은 마이크로미터 헤드를 사용하여 최소 1 μ m스텝으로 조절이 가능하게 하였다. Fig. 2는 제작된 장치를 척킹시스템의 주축대측에 부착한 사진이다.

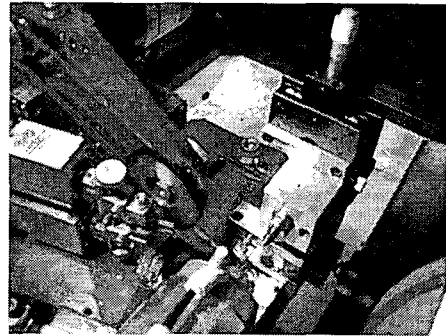


Fig. 2 The micro feeding equipment

2.3 실험조건

동심도의 최적조건을 만족하는 고정변수는 이전 연구에서 실시하였던 다품치 방법 적용에 따른 가공특성평가로부터 도출된 변수를 사용하였으며, Table 2에 나타내었다.

핀의 위치는 상-하축(Y-axis)과 Regulating Wheel - Grinding Wheel축(X-axis), 각 대각선축으로 각각 1 μ m씩 이송하여 최대 5 μ m의 이송을 실험하였으며, 각 포인트에서 2개씩 총 82개(원점포함)의 페룰을 가공하였다. Fig. 3에 실험의 각 축에서의 센터핀의 위치 및 실험번호를 나타내었으며, Fig. 4에 주축대 센터핀의 이송 개략도를 표현하였다.

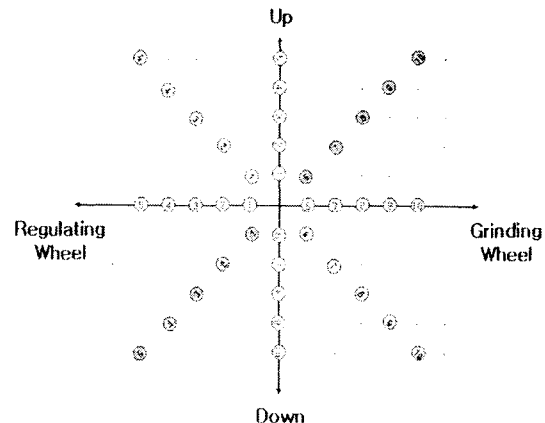


Fig. 3 Positions and numbers of experiments

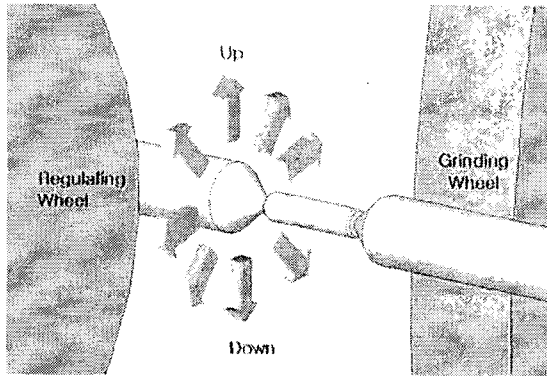


Fig. 4 Schematic diagram (feeding directions of the head-stock center pin)

Table 2 Fixed conditions of experiment

Item	Value
Grinding Wheel Speed	1800 rpm
Regulating Wheel Speed	30 rpm
Grinding Wheel 2nd Feed	0.08 mm/min
Grinding Wheel 3rd Feed	0.03 mm/min
Spark Out	3 sec.

3. 실험 결과

3.1 동심도 측정

각 포인트에서 실험한 결과에 대하여 동심도 측정을 하여 결과값을 Fig. 5에 3d-plot으로 나타내었다.

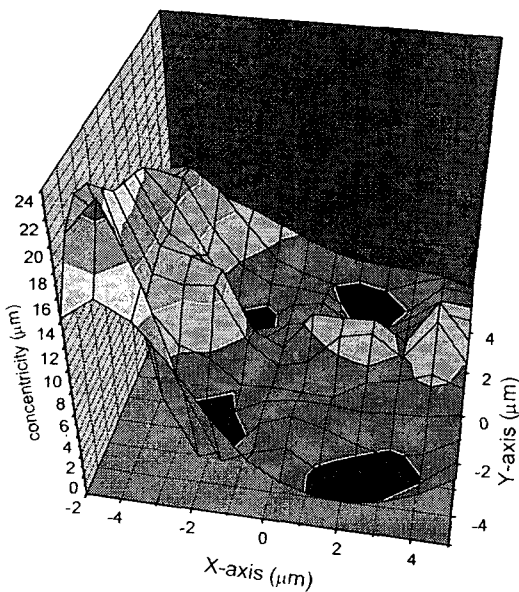


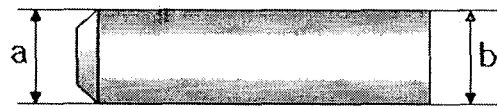
Fig. 5 Results of the concentricity (3d-plot)

Fig. 5을 살펴보면 전반적으로 상-하축(Y-axis)에 대해서는 동심도의 결과가 그리 큰 차이를 보이지 않으나, RW-GW축(X-axis)에서는 RW축(X-axis에서의 (-)방향)으로 이송함에 따라 동심도의 결과가 크게 변화하는 것으로 나타났다. 초기에 원점을 셋팅할 때에 양센터핀 간의 정렬을 조정하기 어려워, Fig. 5에서 판단하기에 RW축으로 주축핀의 초기위치가 셋팅 되어있다고 생각할 수 있으나, 같은 조건으로 2차가공을 실시해본 결과 비슷한 경향이 나타났다.

3.2 선·후단부 외경 치수 차이

각 포인트에 대해 Fig.6에서와 같이 가공된 페룰의 선단부와 후단부의 외경을 측정하여 차이를 절대값으로 계산하였다.

$$\text{difference of dia.} = |a - b| \quad (1)$$



(a: dia. of forward, b: dia. of backward)

Fig. 6 Schematic diagram (measurement of the ferrule diameter)

계산한 결과를 Fig. 7에 3d-plot으로 나타내었다. Y-axis(X position=0)를 기준으로 대칭형의 모습을 보여준다.

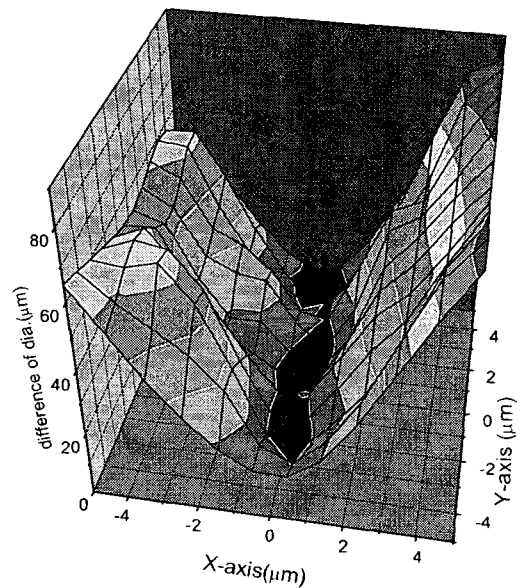


Fig. 7 Results of the difference of dia. (3d-plot)

3.3 동심도와 외경치수차이의 비교

동심도와 선·후단부 외경치수차이의 결과값을 원점을 중심으로 RW-GW축(X-axis) 각각 5 μ m와 상·하축(Y-axis) 각각 5 μ m의 결과를 Fig. 8과 Fig. 9에서 비교해 보았다. 동심도와 선·후단부 외경치수차이의 결과값은 상·하축(Y-axis)에 대해서는 큰 변화가 없지만, RW-GW축(X-axis)에 대해서는 원점 부근에서 작은 값을 나타내고 있다. 여기서 동심도는 선·후단부 외경치수 차이가 작은 위치에서 마찬가지로 작게 나온다는 것을 알 수 있다.

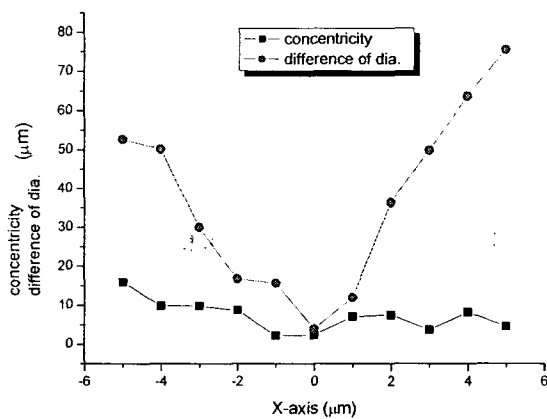


Fig. 8 Comparison of X-axis (Y position=0) data (concentricity - difference of dia.)

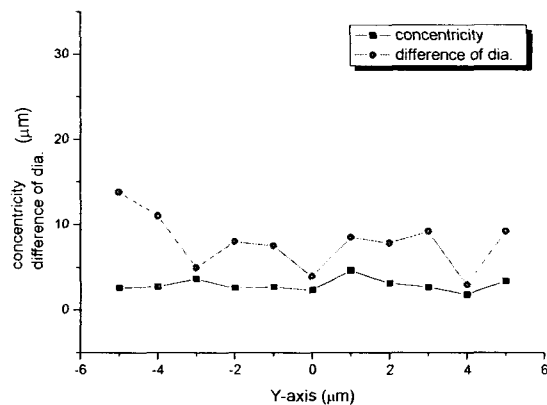


Fig. 9 Comparison of Y-axis (X position=0) data (concentricity - difference of dia.)

4. 결론

척킹평형정렬오차 가공 실험을 통해 얻은 지르코니아 세라믹스 페룰의 연삭 가공특성은 다음과 같다.

- 1) 척킹 위치에 따라 동심도와 외경치수차이는 X-axis에 영향을 크게 받는다.
- 2) 선단부와 후단부의 외경치수차이가 작은 위치일 때 동심도의 크기도 작음을 알 수 있다.
- 3) 페룰의 선·후단부 외경치수차이를 기상에서 측정할 경우, 원하는 동심도를 기준으로 양센터핀의 위치 정렬을 조정하는 시간이 기외에서 측정을 했을 때보다 단축될 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 산업자원에서 주관하는 중기거점 사업인 "고기능성 부품가공용 지능형 연삭시스템"의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kao, H. C. and Ho, F. Y., "Surface Machining of Fine-grain Y-TZP", Journal of European Ceramic Society 20, pp. 2447-2455, 2000.
2. 김동길, 김영태, 이상조, "페룰 동축연삭시 척킹 시스템에 관한 연구," 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문, pp. 9-14, 2002.
3. H. Kato, Y. Nakano and Y. Hosoya, "Influence of Alignment Error of Centers and Center Holes on Rotation Accuracy of Workpiece", JSPE, Vol. 50, pp. 568-573, 1984.
4. H. Kato, Y. Nakano and Y. Hosoya, "Rotation Accuracy and Circularity of Workpiece in Center Type Cylindrical Grinding", JSPE, Vol. 55, No. 11, pp. 1975-1980, 1989.
5. 박성준, "원통 연삭시 공작물의 회전오차와 진원도에 관한 연구," 연세대학교 석사학위 논문, 1995.
6. 김기환, 최영재, 홍원표, 이석우, 최현중, "다구치 방법을 이용한 지르코니아 세라믹스 페룰의 연삭 가공 특성 평가," 한국정밀공학회 추계학술대회 논문, pp. 516-519, 2004.