

## 내륜 연삭에 관한 연구

김우강\*, 김건희#

### A Study on Grinding for Inner Race

Woo-Kang Kim\*, Geon-Hee Kim#

(Received 23 March 2011; received in revised form 28 November 2011; accepted 6 December 2011)

#### ABSTRACT

The grinding is a popular process for studying constant velocity joint and process in automobile industry. In this study, The study gives the data of wheel type and grinding of inner race is developed. As a result I obtained the data of grinding conditions makes good surface roughness get a grinding conditions. The grinding characteristics and conditions of inner race were investigated with respect to grinding feed, cutting depth, grinding time. The results were suddenly increased and the detailed surfaces were extremely obtained. Grinding condition was big more affected by grinding time, grinding speed and grinding depth.

**Key Words** : Cutting Depth(절삭깊이), Machine Design(장비설계), Constant Velocity Joint(등속조인트), Grinding Condition(연삭조건), Surface Roughness(표면 거칠기), Grinding Characteristics(연삭특성), Inner Race(내륜)

#### 1. 서 론

내륜 공정 설계에 대한 연구는 최근 자동차산업의 부품가공에 있어서 필수적인 기술로서, 이미 미국, 일본 및 유럽을 비롯한 여러 자동차 관련 선진 국가에서 계속적으로 진행되고 있다<sup>[1-3]</sup>. 그러나 이러한 방면의 연구가 이루어지지 않아서 생산현장에서 최적의 조건을 찾지 못해 시행착오를 겪으면서 작업하고 있는 실정이다<sup>[4-7]</sup>. 따라서 본 연구에서 내륜에 대한 공정설계 기술을 개선하는 방법을 연구하였다.

1996년 미국의 CAFE(Corporate Average of Fuel

Economy)의 요구에 부응하는 한 방법으로 자동차용 등속조인트의 각 규격별 크기를 한 치수 낮은 규격을 적용하면 자동차의 연료 소비율과 전체 무게를 약 10%를 줄일 수 있다. 그러나 크기를 줄이기 위해서는 각 부품의 강도와 수명이 한 사이즈가 큰 부품의 요구 조건과 같은 수준으로 향상되어야 한다<sup>[8,9]</sup>. 최초로 개발 및 설계된 등속조인트는 전륜구동차량용으로서, A. H. Rzeppa에 의해 1920년대 중반에 설계되었다. 이 조인트는 항상 입력축과 출력축 사이의 이등분각 평면에 놓인 구형(球形)의 6개의 볼에 의해 동력이 전달된다. 개발된 후에도 조인트의 제품설계와 성능향상에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 내륜 연삭하는데 최적의 공정조건을 찾아서 현장에서 연삭작업시 시행착오를 줄이고 작업을 할 수 있도록 연삭조건을 찾는 데 있다<sup>[10,11]</sup>.

\* 충남대학교 대학원 기계공학과

# 교신저자 : 한국기초과학지원연구원

E-mail : kgh@kbsi.re.kr

## 2. 실험장치 및 조건

### 2.1 실험장치

실험의 제품가공 특성에 맞는 장비를 이탈리아의 Meccanodora사가 설계 및 제작하였다. Fig. 1은 형상연삭기의 사진이고, 장비의 제원은 Table 1과 같다.



Fig. 1 Photograph of ball groove grinding machine

Table 1 Conditions of experimental equipment

Model	KAW 110E
Max grinding dia.	75mm
Max grinding width	35mm
Wheel size (O/D × W)	φ200 × 40mm
Wheel spindle	15kw
Wheel speed	Max 4,000mm/sec
Machine weight	5,000kg

전용 연삭기를 사용하여 설계 형상에 적합하도록 내륜의 볼트랙 부분을 연삭공정으로 창성한다. 연삭을 할 때, 형상 드레서를 사용하여 휠을 보정하면서 작업하는 공정으로 되어있다.

초기 셋팅 시 드레서의 운동반경과 휠의 사이즈를 결정해야 그것에 맞게 부품의 볼트랙을 가공할 수 있도록 설계하였으며, 제품의 가공형상을 기준으로 명시된 치수로 되어있다.

Fig. 2에서는 시편의 크기와 모양을 나타내었다.

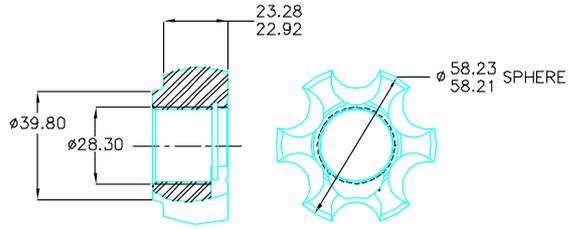


Fig. 2 Dimensions of Inner Race

### 2.2 실험조건

Fig. 3은 실험에 사용된 휠의 도면으로 재질은 SG(Seeded Gel)이고, 휠 제작업체는 국내 금성사에 주문하여 제작하였다. 본 휠을 선택한 이유는 높은 강성과 내구성이 필요하기 때문이다. 볼트랙 연삭 휠은 주로 초경합금이나 특수주철에 사용하는 휠이며, 휠에 붙여있는 샤프트의 재질은 SCM435의 재질로 설계하였다.

또한 볼트랙 연삭 휠은 경도 HRC 59~64의 부품을 가공하는데 적당한 재질의 연삭 휠이다. 연삭 가공시에 연삭 휠 절삭속도, 연삭깊이, 연삭시간의 조절이 가능하고 공작물은 유압 척으로 고정하도록 설계되어 있다. 회전하는 볼트랙 휠이 3축으로 이동하면서 작업을 한다. 볼트랙을 연삭 가공하여, 표면 거칠기를 측정하였다.

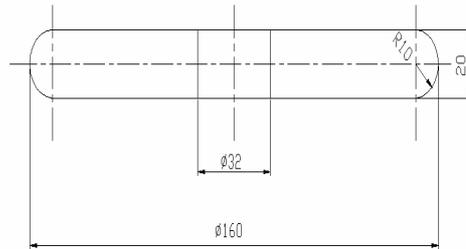


Fig. 3 A cross sectional view of ball groove grinding wheel

## 3. 실험결과 및 고찰

본 연구는 연삭 주요변수 인 연삭속도, 연삭깊이, 연삭시간에 대한 각각의 조건 변화에 따른 연삭특성을 찾아내기 위한 것이다.

### 3.1 연삭속도 변화에 따른 표면거칠기

Fig. 5는 연삭속도를 1,000~2,500mm/sec로 각각의 이송속도에 따른 표면 거칠기를 측정된 결과이다. 위의 조건을 선정하여 실험한 것은 내륜의 일반적인 연삭조건으로 선정하게 되었다.

연삭속도가 증가하면서 표면 거칠기가 나빠지는 경향을 볼 수 있으며, 이러한 실험 결과의 표면 거칠기는 휠 반경과 공작물의 1회전 당 이송 량의 관계에 의하여 기하학적으로 결정되는 이론적 표면 거칠기와 유사한 경향을 나타내고 있다. 실험 결과는 일반적으로 연삭속도가 작아짐에 따라 표면 거칠기는 양호하게 나타나는 이론적인 거칠기와 비슷한 경향의 측정결과를 나타내었다.

정량적인 실제 가공면의 거칠기는 불확정인자인 진동이나 처짐 등의 동적 현상, 공구 형상에 따른 러빙 특성 등에 의하여 영향을 받으므로 실제의 표면 거칠기는 예측치 보다 크게 된다.

연삭장비의 진동과 외부 환경 변수들이 절삭과정에 미치는 영향은 이송이 작은 범위에서 크게 작용하게 되며 이러한 영향보다 이송의 영향이 가공면의 표면 거칠기에 더 크게 작용하고 있음을 볼 수 있다. 따라서 2,000mm/sec 정도의 연삭속도로 가공을 할 경우 연삭속도가 증가할수록 표면 거칠기가 일정하게 유지되었다.

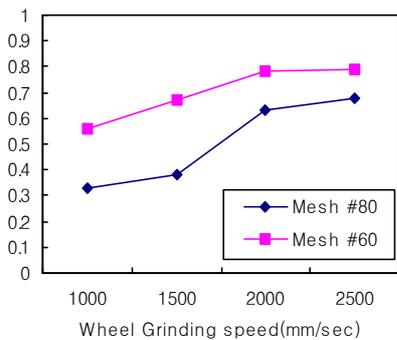


Fig. 5 Relation between surface roughness and grinding feed

### 3.2 연삭 깊이 변화에 따른 표면거칠기

Fig. 6은 연삭 깊이를 0.2~0.8mm까지 변화시켜 각각의 연삭 깊이에 따른 표면 거칠기를 측정된 결과이다.

위의 실험조건을 실시한 이유는 내륜을 연삭조건으로 조건별로 가공조건을 찾기 위한 것이다.

일반적인 연삭 가공에 있어서 이론적 표면거칠기 값은 깊이에 영향을 받지 않는다. 이러한 것은 절삭 깊이가 아주 작을 경우의 칩 배출 과정은 주로 러빙(rubbing)이나 버닝(burnsing) 같은 소성변형에 의해 원활하게 이루어지지 못하며, 소성 변형을 일으킨 표면에서는 큰 잔류 응력이 형성되어 표면의 질에 악영향을 끼치기 때문이다.

깊이는 완전하게 날카롭지 못하므로 연삭 끝 부분을 확대하여 모델화하면 실린더 형으로 가정할 수 있다. 이 때 실린더 부분에 작용하는 힘을 플로잉 힘(plowing force)이라고 한다. 일반적인 가공에 있어서는 깊이가 연삭 끝단 날끝 반경에 비하여 상당히 크기 때문에 플로잉 힘이 전체 절삭력에 미치는 영향은 거의 없어 무시할 수 있지만, 절삭 깊이가 감소할수록 플로잉 힘은 비례적으로 커져 무시될 수 없게 된다. 연삭가공에서는 이러한 치수 효과를 잘 보여준다. 이러한 결과로부터 미소 절삭 시 표면 거칠기는 절삭 깊이의 증가와 관련이 있다고 할 수 있다.

실험 결과 가공 효율성을 고려할 때 연삭 깊이가 증가할수록 표면 거칠기가 나빠짐을 알 수 있었다.

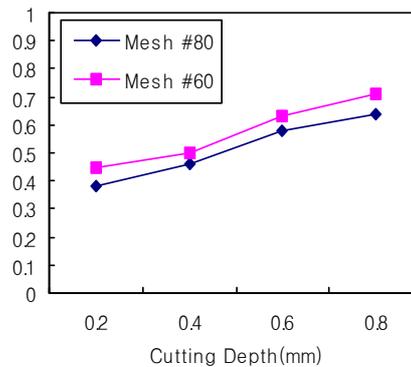


Fig. 6 Relation between surface roughness and cutting depth

### 3.3 연삭시간 변화에 따른 표면거칠기

Fig. 7은 절삭시간을 2~10sec로 변화시켜서 각각의 시간에 따른 표면 거칠기를 측정된 결과이다.

2~10sec까지 연삭시간을 단계적으로 변화 시켰으며, 그 결과 8sec 이상에서는 연삭시간이 변화에 따른 표면 거칠기의 변화는 거의 없으며, 2~8sec에서 표면 거칠기가 양호하게 나타났다. 시간에 변화에 따른 표면 거칠기의 변화는 거의 같은 경향을 나타냈으며, 8sec 이상에서 표면 거칠기가 변화가 없는 것은 표면 거칠기가 연삭에 따른 일정시간 연삭 후 표면거칠기가 향상되나, 일정시간이 증가하면 표면거칠기 변화가 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

이런 실험 결과로 연삭능력은 가공시간은 8sec까지는 공작물을 가공하는 것이 제품의 표면 거칠기 향상에 도움을 주며, 8sec 이상에서는 시간을 증가해도 표면 거칠기에 영향이 미비함을 알 수 있었다.

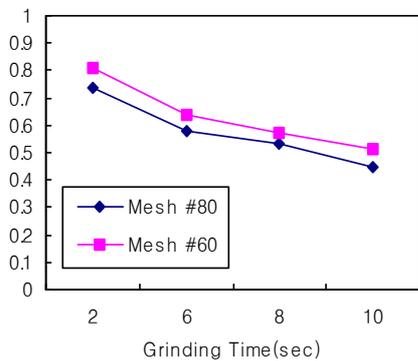


Fig. 7 Relation between surface roughness and grinding time

## 5. 결론

본 연구에서는 내륜의 볼 트랙을 연삭하는데, 연삭 이송속도, 연삭 깊이, 연삭시간의 변화에 따른 표면 거칠기를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 연삭 이송속도는 1,000~2,000mm/sec에서 표면 거칠기가 나빠지고 있었으나 2,000mm/sec 이상에서는 연삭 휠에서 생성 할 수 있는 최적의 조건이므로 표면 거칠기가 일정하게 유지되었다.
2. 연삭깊이 0.2~0.8mm로 각각 연삭 후 표면 거칠기 확인 결과 연삭가공의 치수 효과로 인하여 미소 절삭 시 표면 거칠기가 절삭 깊이의 증가에 따라 나빠지는 결과를 얻을 수 있었다.

3. 연삭시간이 2~10sec까지는 급격하게 표면 거칠기가 양호하게 나타났으며, 8sec 이상 연삭조건에서 최적의 표면 거칠기를 얻을 수 있었다.

## 참고문헌

1. Hong, M. S., Oh, W. K., Park, S. K., 2000, "Automotive engineering", Won Chang Publishing Company, pp. 215-222, 1994.
2. Inasaki, I., "Grinding Process Simulation Based on the Wheel Topography Measurement", Annals of the CIRP, Vol. 45/1, pp. 347, 1996.
3. Ikawa, N., Shimada, S., "Recent trends in diamond tool technology", Proceedings of the international congress for precision technology, Aachen, Frg., pp. 126-142, 1988.
4. Brinksmeier, E., Riemer, O., "Tools and Setting for Improved Surface Finish in Diamond Turning", proc. of Int. Precision Engineering, pp. 125-133, 1993.
5. Miller, F. F., "Constant velocity universal ball joints-theirs application in wheel drives", SAE-Paper 958, pp. 125-300, 1965.
6. Vickerstaff, T. H., "Diamond Dressing-Its Effect on Work Surface Roughness", Industrial Diamond Review, 30, pp. 260, 1970.
7. Ishijima, M., "Demand of structural steels for automotive parts", Denki Seiko(Electric Furnace Steel), vol. 61, No. 1, pp. 41-47, 1990.
8. Pal, D. K., Majumdar, B. C., "Stability analysis of externally pressurized gas lubricated porous bearing with journal rotation. Part 1", Tribology international, Vol. 17, pp. 83-98, 1984.
9. Eshghy, S., 1967, "Thermal Aspects of the abrasive Cutoff Operation. Part 1-Theoretical Analysis", ASME journal Engineering for Industry, Vol. 89, pp. 356-360.
10. 이충석외, "원통연삭시 연삭휠의 종류에 따른 연삭 가공특성에 관한 연구", 한국기계가공학회지, pp. 3-4, 2008.
11. 하만경외, "원통외경연삭의 조건선정과 연삭성예측", 한국기계가공학회지 2005년도 추계학술논문집, pp. 250-255, 2005.