한국기계가공학회지, 제9권, 제4호, pp. 8～13 (2010. 8)
Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 9 No. 4, pp. 8～13 (2010. 8)

등속조인트의 공정설계 및 연삭에 관한 연구

김우강*, 고준빈#, 변동해**

A study on grinding and process design of Constant Velocity

Woo-Kang Kim*, Jun-Bin Ko#, Dong Hae Byun**

(Received 5 April 2010; received in revised form 23 June 2010; accepted 01 July 2010)

ABSTRACT

The constant velocity internal grinding is a popular process for studying axle machine design and process in automobile industry. In this study, The program which gives the data of wheel size and truing diameter of ball groove 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 constant velocity joint were investigated with respect to grinding feed, cutting depth, grinding time. At machine failure, the results were suddenly increased and the detailed surfaces were extremely obtained. Grinding condition was big more affected by grinding depth ,grinding speed and grinding time.

Key Words : Internal Grinding(내경연삭), Cutting Depth(절삭깊이), Machine Design(장비설계), Grinding Condition(연삭조건), Surface Roughness(표면 거칠기), Grinding Characteristics(연삭특성)

1. 서 론

등속조인트 공정 설계에 대한 연구는 최근 자동차산업의 부품가공에 있어서 필수적인 기술로서, 이미 미국, 일본 및 유럽을 비롯한 여러 자동차 관련 선진 국가에서 계속적으로 진행되고 있다[1~10]. 그러나 이러한 방면의 연구가 이루어지지 않아서 생산현장에서 많은 시행착오를 겪으면서 작업하고 있는 실정이다[11~16]. 따라서 본 연구에서 등속조인트에 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 치수만 줄이면 자동차의 연료 소비율과 전체 무게를 약 10 %를 줄일 수 있다. 그러나 크기를 줄이기 위해서는 각 부품의 강도와 수명이 한 사이즈가 큰 부품의 요구조건과 같은 수준으로 향상되어야 한다[17~21]. 최초로 개발 및 설계된 등속조인트는 전륜구동차량용으로서, A.H. Rzeppa에 의해 1920년대 중반에 설계되었다. 이 조인트는 항상 입력 축과 출력축 사이의 이등분각 평면에 놓인 구형(球形)의 6개의 볼에 의해 동력이 전달된다. 개발된 후에도 조인트의 제품설계와 성능향상에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[22~27].

등속조인트 연삭하는데 최적의 공정조건을 찾아서 현장에서 연삭작업시 시행착오를 줄이고 작업을 할 수 있도록 연삭조건을 찾는데 있다.

* 충남대학교 대학원 기계공학과
# 교신저자 : 한밭대학교 기계설계공학과
E-mail : kjb1002@hanbat.ac.kr
**한국폴리텍v대학 김제캠퍼스 컴퓨터응용기계과

2. 실험장치 및 조건

2.1 실험장치

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

Fig. 1 Photograph of ball groove & internal grinding machine

Table 1 Conditions of experimental equipment

Model		9200.RV.200.CRF
Max grinding dia.		330mm
Max grinding wheel width		180mm
Wheel size (O.D × L)		ϕ58.4 × 31.5mm, ϕ18.6 × 52.5mm
Wheel spindle motor		9kw
Machine	Size	6,300×3,435×2,842mm
	Weight	16,000kg
Electricity		440V×3Phase

복합연삭기는 내경 연삭 후 볼그루브 연삭을 하는데, 등속조인트의 내경부분의 설계형상을 만들어 낸다. 내경 연삭을 할 때, 포인트 드레서를 사용하여 휠을 보정하면서 작업하는 공정으로 되어있다.

초기 셋팅 시 드레서의 운동반경과 휠의 사이즈를 결정해야 그것에 맞게 부품의 볼그루브와 내경을 가공할 수 있도록 설계하였고 제품의 가공형상을 기준으로 명시된 치수로 되어있다.

Fig. 2에서는 시편의 크기와 모양을 나타내었다.

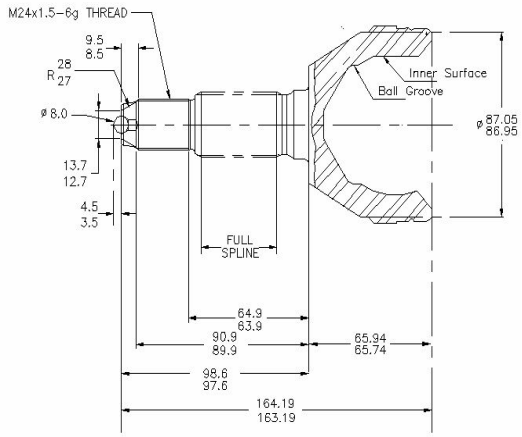

Fig. 2 Dimensions of Constant Velocity Joint

2.2 실험조건

Fig. 3은 실험에 사용된 휠의 형상을 나타내는 것으로서 휠의 재질은 SG이고, 휠 제작업체는 국내의 삼양사이다. Fig. 4은 실험에 사용된 휠의 형상을 나타내는 것으로서 휠의 재질은 CBN이고, 휠 제작업체는 국내의 신한기공사이다. 내경연삭 휠과 볼그루브 연삭 휠은 주로 초경합금이나 특수주철에 사용하는 휠이며, 휠에 붙여있는 샤프트의 재질은 SCM435의 재질로 제작하였다.

또한 내경연삭 휠은 경도 HRc 58~62의 부품을 가공하는데 적당한 재질의 연삭 휠이다. 연삭 가공시에 연삭 휠 절삭속도, 연삭깊이, 연삭시간의 조절이 가능하고 공작물은 유압 척으로 고정하도록 설계되어 있다. 회전하는 볼그루브 휠과 내경 휠이 3축으로 이동하면서 작업을 한다. 볼그루브와 내경부를 연삭 가공하여, 표면 거칠기를 측정하였다.

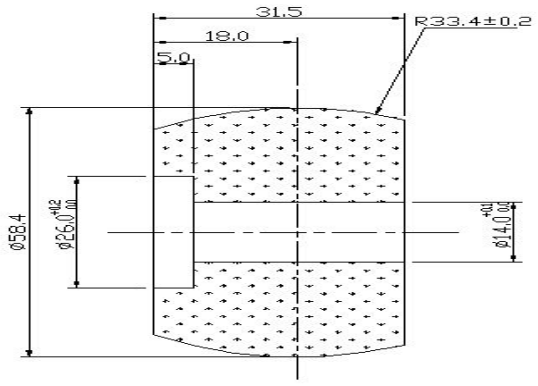

Fig. 3 A cross sectional view of internal grinding wheel

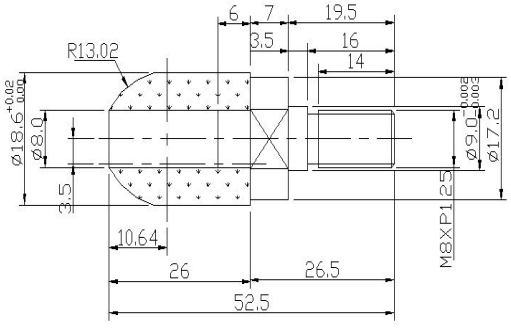

Fig. 4 A cross sectional view of ball groove grinding wheel

2.3 측정 장치

Fig. 5은 실험에서의 사용한 표면 거칠기 측정기인 Talyer Hobson사의 Form Talysurf Series이다.

등속조인트의 내경 및 볼그루브 표면거칠기를 측정(Ra)하였다.

Fig. 5 Photograph of Form Talysurf Series set up for force measurement system

3. 실험결과 및 고찰

연구는 현장에서 통용되는 조건을 기준으로 연삭조건에 따른 연삭 휠 절삭속도, 연삭 깊이, 연삭시간등 주요 변수로 하여, 각각의 공정변수 변화에 따른 최적의 조건을 찾아내기 위한 것이다.

3.1 연삭휠 절삭속도에 따른 표면거칠기

Fig. 6은 연삭 휠 절삭속도는 현장에서 통용되는 연삭조건으로 1,800~2,400mm/sec로 각각의 연삭 휠 절삭속도에 따른 표면 거칠기를 측정한 결과이다.

연삭 휠 절삭속도가 증가하면서 표면 거칠기가 양호해지는 경향을 볼 수 있다.

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

연삭장비의 진동과 외부 환경 변수들이 절삭과정에 미치는 영향은 작은 범위에서 크게 작용하게 되며 이러한 영향보다 가공면의 표면 거칠기에 더

크게 작용하고 있음을 볼 수 있다. 따라서 2,200㎜/sec 정도의 연삭 휠 절삭속도로 가공을 할 경우 절삭속도가 증가할수록 표면 거칠기가 일정하게 유지되었다.

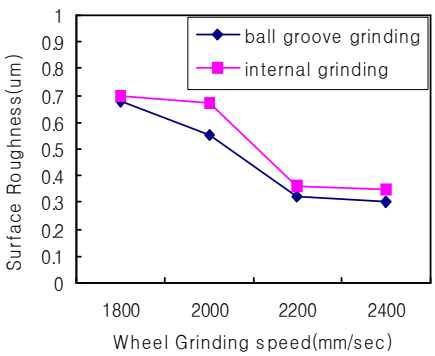

Fig. 6 Relation between surface roughness and wheel grinding speed

3.2 연삭깊이 변화에 따른 표면거칠기

Fig. 7은 연삭 깊이를 0.2~0.8mm까지 변화시켜서 각각의 연삭 깊이에 따른 표면 거칠기를 측정한 결과이다.

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

연삭깊이는 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 플로 잉 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 연삭 깊이의 증가와 관련이 있다고 할 수 있다.

연삭 깊이가 증가하면 휠과 제품과의 가공부하가 증가하여 표면 거칠기가 나빠짐을 알 수 있었다.

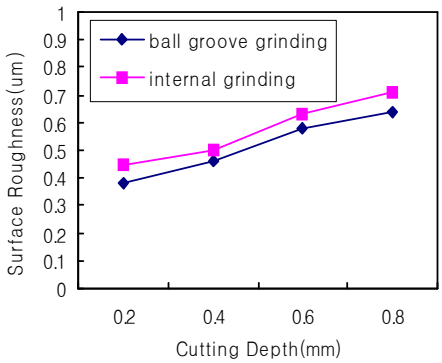

Fig. 7 Relation between surface roughness and cutting depth

3.3 연삭시간 변화에 따른 표면거칠기

Fig. 8은 연삭시간을 2~10sec로 변화시켜서 각각의 시간에 따른 표면 거칠기를 측정한 결과이다.

2~6sec까지 연삭시간을 단계적으로 변화 시켰으며, 그 결과 8sec 이상에서는 연삭시간이 변화에 따른 표면 거칠기의 변화는 거의 없으며, 2~8sec에서 표면 거칠기가 양호하게 나타났다. 연삭시간 변화에 따른 표면 거칠기의 변화는 거의 같은 경향을 나타냈으며, 8sec 이상에서는 표면 거칠기가 변화가 없은 것은 표면 거칠기가 연삭에 따른 일정시간 연삭 후 표면 거칠기가 향상되나, 일정시간이 증가하면 표면 거칠기 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.

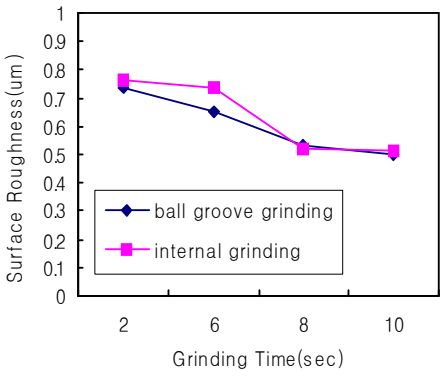

Fig. 8 Relation between surface roughness and grinding time

5. 결 론

본 연구에서는 등속조인트의 내면형상 가공 부를 연삭하는데, 연삭 휠 절삭속도, 연삭 깊이, 연삭 시간의 변화에 따른 각각의 표면 거칠기를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 연삭 휠 절삭속도는 1,800~2,200㎜/sec에서 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었으나, 2,200mm/sec 이상에서는 표면 거칠기가 일정 하게 유지되었다.

2. 연삭깊이는 0.2~0.8mm으로 각각의 연삭깊이로 연삭 후 표면 거칠기를 확인하였는데, 깊이가 증가할수록 제품의 표면 거칠기가 나빠지는 결과를 얻을 수 있었다.

3. 연삭시간이 2~6sec까지는 급격하게 표면 거칠기가 양호하게 나타났으며, 8sec 이상에서는 표면 거칠기 일정하게 유지되었다.

4. 등속조인트의 공정설계에서 내면형상과 볼그루브 연삭조건을 변화시켜서 찾아낸 최적의 작업 조건을 바탕으로 현장에서 시행오차를 줄이고 작업할 수 있다.

5. 최적공정조건은 절삭속도는 1,800~2,200㎜/sec, 절삭 깊이를 감소시키고, 연삭시간은 8sec으로 가공하는 것이다.

참고문헌

1. Rowe, W. B., Black, S. C. E. and Mills, B., "Experimental Investigation of Heat Transfer in Grinding", Annals of CIRP, Vol. 44, No. 1, pp. 329-332, 1995.
2. Eshghy, S., 1967, "Thermal Aspects of the abrasive Cutoff Operation. Part 1-Theoretical Analysis," ASME journal Engineering for Industry, Vol. 89, pp. 356-360.
3. Wang, D. H., “A Study on the Machine Surface Morphology of Laminate Composite”, KSPE, Vol. 12, pp. 130-138, 1995.
4. Asai, S., Taguchi, Y., Horio, K., Kasai, T., “Measuring the Very Small Cutting-Edge Radius for a Diamond Tool Using a New Kind of SEM Having Two Detectors”, Annals of the CIRP, Vol. 39, No. 1, pp. 85-88, 1990.
5. McKeown, P., “Manufacturing - how small can we go The challenge and opportunities of the nanometer age”, The British Association Lecture, 1996.
6. Chitra Dorai, “Registration and Integration of Nultiple Object Views for 3C Model Construction“, IEEE Transaction on Pattern analysis and Machine Intelligence, 1998.
7. Shimada, S., Ikawa, N., Tanaka, H. J., Uchikoshi, "Structure of Micromachined Surface Simulated by Molecular Dynamics Analysis", Annals of the CIRP, Vol. 43, Jan., pp. 51-54, 1994.
8. Hong, M. S., Oh, W. K., Park, S. K., 2000, “Automotive engineering”, Won Chang Publising, pp.215-222, SAE-Paper 958, pp. 125-300, 1994.
9. Hong, M. S., Oh, W. K., Park, S. K., 2000, “Automotive engineering”, Won Chang Publising Company, pp.215-222, 1994.
10. Fett, G. A., "Induction case depths for torsional

applications", Met. Prog., vol. 127, no. 2, pp.49-52, 1985.

11. Inasaki, I., "Grinding Process Simulation Based on the Wheel Topography Measurement", Annals of the CIRP, Vol.45/1, pp.347, 1996.
12. Rowe, W. B., Black, S. C. E. and Mills, B., "Experimental Investigation of Heat Transfer in Grinding", Annals of CIRP, vol. 44/1, pp.329-332, 1995.
13. Ikawa, N., Shimada, S., "Recent trends in diamond tool technology",Proceedings of the international congress for precision technology, Aachen, Frg., pp.126-142, 1988.
14. Brinksmeier, E., Riemer, O., "Tools and Setting for Improved Surface Finish in Diamond Turning." proc. of Int. Precision Engineering, pp.125-133, 1993.
15. Hong, M. S., Oh, W. K., Park, S. K., "automotive engineering", Won Chang Publising, pp.215-222, 2000.
16. Miller, F. F., "Constant velocity universal ball joints-theirs application in wheel drives", SAE-Paper 958, pp.125-300, 1965.
17. Lavine, A. S., Malkin, S. and Jen, T. C., "Thermal Aspect of Grinding with CBN Wheels,"Annals of the CIRP, Vol. 38, pp.557-569, 1989.
18. Vickerstaff, T. H., Diamond Dressing-Its Effect on Work Surface Roughness', Industrial Diamond Review, 30, pp.260, 1970.
19. Ishijima, M.,"Demand of structural steels for automotive parts", Denki Seiko (Electric Furance Steel), vol. 61, no. 1, pp.41-47, 1990.
20. Doyle, E. D. and Dean, S. K., 'An Insight into Grinding from a materials Viewpoint', Annals of the CIRP, pp.571, 1980.
21. 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.
22. Jung, S. K. and Lee, S. H., "A Guide of shot peening Processing," Se Hwa Publishing Company, pp. 6-12, 2001.
23. Gillespie, R. D., "Its Effect on Process Consistency and Resultant Improvement in Fatigue Characteristics," Proc. of the 5th International Conference on Shot peening, Vol. 1, Oxford, pp. 81-90, 1993.
24. Wohlfahrt, H., "The Influence of Peening Conditions on the Resulting Distribution of Residual Stress," Proc. of the 2th International Conference on Shot peening, Vol. 1, Chicago, pp. 316-331, 1984.
25. Rowe, W. B., Black, S. C. E. and Mills, B., "Experimental Investigation of Heat Transfer in Grinding", Annals of CIRP, Vol. 44, No. 1, pp. 329-332, 1995.
26. Eshghy, S., 1967, "Thermal Aspects of the abrasive Cutoff Operation. Part 1-Theoretical Analysis," ASME journal Engineering for Industry, Vol. 89, pp. 356-360.
27. Wang, D. H., "A Study on the Machine Surface Morphology of Laminate Composite", KSPE, Vol. 12, pp. 130-138, 1995.