

연삭 장비를 이용한 최적의 휠 특성분석

고준빈[#], 김우강*, 전택중*

A study on the Optimum Wheel Characteristics Using Grinding Machine

Jun-Bin Ko[#], Woo-Kang Kim*, Tek -Jong Jeon*

ABSTRACT

This study aims to find the optimal cutting conditions, which are obtained by grinding condition, and the grinding characteristics and condition of constant velocity joint were investigated with respect to wheel velocity, depth of cut, feed speed. Grinding machine has been widely used in manufacturing optical reflects of metal. Such as steel are easy to be machined because of their proper material. As a result I obtained the data of grinding conditions makes good surface roughness and the optimal condition of grinding and get the mesh condition.

The purpose of this study is to find the optimum grinding wheel characteristics for cutting constant velocity joint.

Key Words : Grinding condition(연삭조건), Optimum condition(최적조건), Mesh(입도), Surface roughness(표면 거칠기), Wheel velocity(주속), Depth of cut(절삭깊이), Feed speed(이송속도), Grinding characteristics(연삭특성)

1. 서 론

21세기 자동차산업들이 급속히 발전할 수 있었던 것은 정밀도를 가진 연삭가공기술개발로 가능하였다고 할 수 있다. 고주파 열처리된 등속조인트에서 ABS 링이 체결되는 부분은 치수정밀도 뿐만 아니라, 표면 거칠기가 매우 중요하다^[1~3]. 이 부분을 외경 연삭하여 표면 거칠기를 허용 오차 이내로 유지시킬 필요가 있다. ABS 링 체결부위에 표면 거칠기가 좋지

못하면 압입공정 시 ABS 링에 크랙이 발생하거나, 체결이 되지 않는다. 표면거칠기값으로 Ra 0.8 μ m를 만족하지 못하면 ABS 링이 구동 중에 이탈되거나, ABS 센서의 감지불능이 발생하여 운전자의 생명을 위협할 수 있다^[4~5]. 우리나라의 자동차 산업의 부품 가공 기술 분야에서 국가적인 기술요구에 부응하고 선진국에 대한 기술경쟁력을 확보하기 위한 일환으로 연삭공정개선에 대한 보다 많은 연구 자료와 정보가 필요하다^[6~10]. 따라서 등속조인트 연삭에 필요한 최적의 휠을 찾아서, 시행착오를 줄일 수 있는 것을 목적으로 한다.

따라서 등속조인트 연삭에 필요한 최적의 휠을 찾아서, 시행착오를 줄일 수 있는 것을 목적으로 한다.

* 충남대학교 대학원 기계공학과

교신저자 : 한밭대학교 기계설계공학과

E-mail : kjb1002@hanbat.ac.kr

2. 실험방법

2.1 실험장치

등속조인트 연삭에서는 일반 정밀연삭에 사용되는, 값이 싸고 연삭능률이 좋은 연삭숫돌을 사용하였다. 실험에 서는 Fig. 1과 같은 Angular연삭기를 사용하였다.

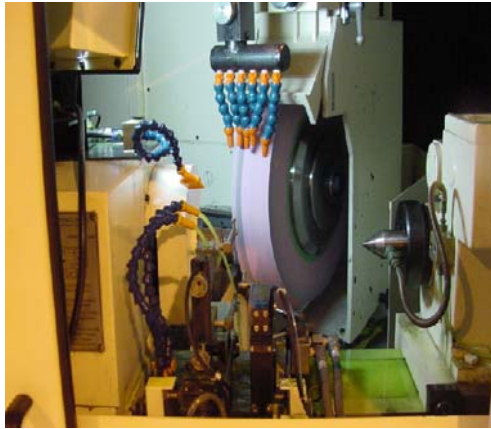


Fig. 1 Photograph of grinding machine

Table 1 Conditions of experimental equipment

Conditions of experimental equipment	Grinding machine	Horizontal-angular type
	Wheel	Wheel Kind:#80,#90,#100
	Dressing System	Single point dressing system
	Workpiece	Constant Velocity
	Transport Device	Gentry Loader Type
	Surface Roughness Tester	Form Talysurf Series

연삭에서 초기 드레싱과 주가공시의 숫돌 회전수를 변경시킬 필요가 있다. 숫돌 회전수의 조정을 위해 주축 모터 회전수를 자유롭게 조절할 수 있도록 되어 있으며, 속도 감지 센서가 부착되어 있다^[11-16]. 실험에 사용된 연삭시스템은 숫돌의 회전수, 이송속

도, 절입깊이의 조절이 가능하며 공작물은 진공 척으로 고정하고 회전시킨다. 냉각장치가 있으며 연삭 액의 온도상승을 방지하기 위한 온도조절장치가 달려 있다. 연삭특성을 알기 위해서 주요변수로서 주축회전속도, 이송속도, 절입깊이의 가공조건의 변화와 입도(mesh)의 크기를 바꾸면서 실험을 수행하였다^[17-19]. 실험을 위해 사용된 각종 실험 장비들의 개략적인 내용을 Table 1에 나타내었다.

2.2 실험재료

Fig. 2는 실험에 사용한 등속조인트의 도면을 나타낸 것이고, 공작물의 외경 ABS 링 직경의 요구정밀도는 표면거칠기 Ra 0.8 μm 이내로 되어있다. Fig. 3은 연삭휠이 실제 등속조인트에 ABS 링 직경부를 실제로 가공하는 모습을 나타낸 것이다. 본 실험에 사용한 연삭 휠은 SG휠이며, Sol-Gel 법으로 제조된 0.4 μm 정도의 α -alumina를 이용하여 만든 입자로 일반적으로 화학적 순도 및 경도는 WA와 CBN의 사이에 있다. SG휠은 난삭재 등의 고능률 연삭에 널리 활용하는 연삭휠 이다. 본 실험에 사용한 등속조인트 제원은 외경치수는 $\Phi 93.0$ mm이고 전장길이는 160 mm의 제품으로 고주파 열처리한 제품을 사용하여 실험을 하였다.

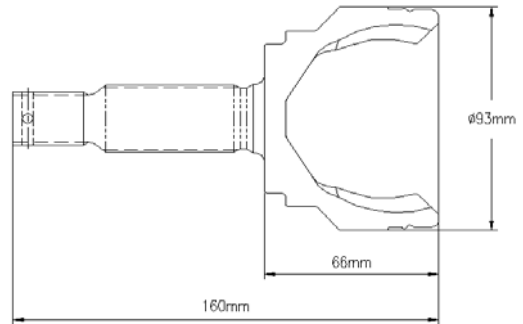


Fig. 2 A cross sectional view of constant velocity

2.3 측정장치

Fig. 3는 실험에서의 사용한 표면 거칠기 측정기인 Talyer Hobson사제의 Form Talysurf Series이다.

등속조인트의 ABS 링이 체결되는 부분을 외경연삭하고 지름과 지름부분에 표면의 정도를 확인하기 위

해서 표면거칠기를 측정(Ra)하였다.



Fig. 3 Photograph of Fom Talysurf Series 2 set up for force measurement system

3. 실험결과 및 고찰

연구는 주축속도, 연삭깊이, 이송속도, 공구경사각을 주요 변수로 하였으며, 연삭조건과 표면 거칠기 측정하여 연삭 특성을 고찰함으로써 최적의 연삭조건을 찾아내기 위한 것이다.

3.1 연삭특성에 따른 고찰

실험의 목적은 고주파 열처리한 펄라이트조직을 외경연삭을 통하여 ABS 링을 체결하는 부분에 가장 큰 영향을 미치는 표면 거칠기를 얻을 수 있는 조건을 찾는 것이다.

본 실험에서 휠은 3SG (80,90,100)H 12V를 사용하고, 휠의 입도를 #80, #90, #100으로 변경하여 입도의 크기에 따른 최적의 외경 연삭조건을 찾는데 역점을 두었다.

등속조인트 제품을 Angular 연삭하여 등속조인트의 외경을 요구되는 품질로 가공할 수 있는 적절한 가공조건을 찾아내면, 작업 능력뿐만 아니라 생산성을 향상시키고 연삭공정의 관리를 쉽게 할 수 있다. 연삭공정에서 표면 거칠기 0.8 μmRa 를 만족하지 못하면

후 공정의 ABS 링이 체결되지 않고 체결 시 높은 부하를 받게 된다. 높은 부하를 받아서 체결 시 ABS 링에 미세 크랙이 발생하여 주행 중에 충격을 받게 되면 파손의 원인으로 발생하게 되어 운전자의 생명에 치명적인 상태를 유발할 수 있기 때문에, 등속조인트에 있어서 표면 거칠기는 매우 중요한 역할을 한다. 그래서 본 연구에서는 표면 거칠기를 위주로 실험을 하였고, 등속조인트의 표면 거칠기를 향상시키는 조건을 찾는데 역점을 주었다.

최근 자동차산업에서 등속조인트의 가공정도가 요구되어 연삭가공을 적용하고 있지만, 생산성 및 제조원가 절감측면에서 있어서 많은 문제점이 따르고 있다. 따라서 연삭가공에 있어서 고능률 및 고정도를 추구하면서도 가공품질 극대화 효과를 얻을 필요가 있다.

휠 입도의 변화에 따른 주축속도, 연삭 깊이, 이송속도의 조건을 바꾸어 표면 거칠기를 측정하고 등속조인트의 특성을 알아보았다.

3.2 주축속도변화에 따른 표면거칠기

Fig. 4는 연삭숫들은 3SG (80,90,100)H 12V를 사용하고, 휠의 입도를 #80, #90, #100으로 변경하여 주축속도 변화에 따른 표면 거칠기를 측정한 결과이다. 3종류 모두에서 주축속도가 증가함에 따라 표면 거칠기가 양호해지는 경향이 나타나고 있다. 난삭재인 이 공작물들의 가공시에 표면거칠기는 주축속도의 영향을 받았으며 51.3m/sec~52.3m/sec까지는 일정하게 유지되다가 52.3 m/sec에서 75.4m/sec까지는 급격하게 양호해지고 3,600 m/min 이상에서는 대체적으로 일정하게 유지되었다. 평균 표면 거칠기(Ra)값으로 볼 때 입도 #80은 58.6 m/sec까지는 큰 영향을 받지 않고 있다가 58.6 m/sec에서 가장 양호한 가공 면이 생성되었고, #90, #100도 58.6 m/sec 이상에서 표면 거칠기가 양호하게 나타났다. 이와 같이 각각 차이를 두고 표면거칠기값을 나타내는 것은 입도의 영향 때문인 것으로 사료된다. 휠마다 입도 값에 차이가 있으며 저속일수록 입도 값이 표면 거칠기에 큰 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다. 주축속도가 75.4 m/sec 이상의 고속에서 정상적인 연삭이 이루어져 3종류 모두 표면 거칠기가 양호하게 나타난다고 판단된다. 따라서 75.4 m/sec로 가공하는 것이 연삭가공에 효율적

이고, 입도는 #100일 때 가장 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었다. 생산공정상 연삭시간과 요구정밀도를 고려하면 그 이상으로 표면 거칠기를 향상시키는 것은 의미가 없음을 확인하였다. 제품에 특성에 맞는 표면거칠기로 가공이 필요하다는 것을 본 실험에서 알 수 있었다.

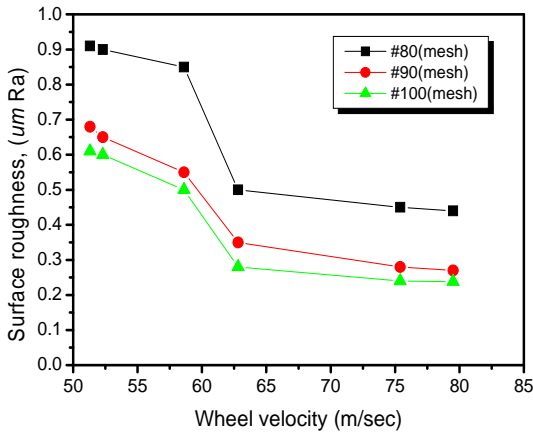


Fig. 4 Relation between surface roughness and wheel velocity in external grinding (3SG 80,90,100 H12V)

3.3 연삭깊이 변화에 따른 표면거칠기

Fig. 5은 연삭숫돌의 구성요소인 3SG(80,90,100)H 12V를 사용하고, 휠의 입도를 #80, #90, #100으로 변경하여 연삭깊이 변화에 따른 표면거칠기값의 변화를 고찰한 실험결과이다.

연삭 깊이가 0.14 mm는 표면 거칠기가 일정하게 나타났고 0.14 mm이상에서 휠입도와 관계없이 표면 거칠기가 좋지 못했다. 본 실험 결과에서는 휠 입도 #100, 연삭깊이 0.14 mm이하에서 공작물을 가공하는 것이 표면 거칠기의 향상에 도움이 되었다. 또한 연삭 깊이가 깊을수록 표면 거칠기가 나빠짐을 볼 수 있는데 이는 연삭 깊이에 따라 채터 현상이 심하게 발생한다고 생각된다. 채터현상 발생시에는 급격한 절입으로 인해 3종류 모두 동일한 이송속도에서 연삭깊이 증가에 따라 비례적으로 표면거칠기가 나빠짐을 알 수 있다.

연삭깊이가 작을수록, 연삭입자의 크기가 작을수록

연삭 저항이 작아지므로, 효율적인 가공을 위해서는 사용된 입자의 크기와 연삭깊이를 작게 하는 것이 좋다.

그러나 연삭깊이를 작게 하고, 연삭입자의 작게 하면 표면거칠기는 향상되나 공정의 시간이 증가하여 생산성에 저하에 영향을 주기 때문에 적절한 제품의 특성에 맞는 공정을 찾는 것이 중요하다.

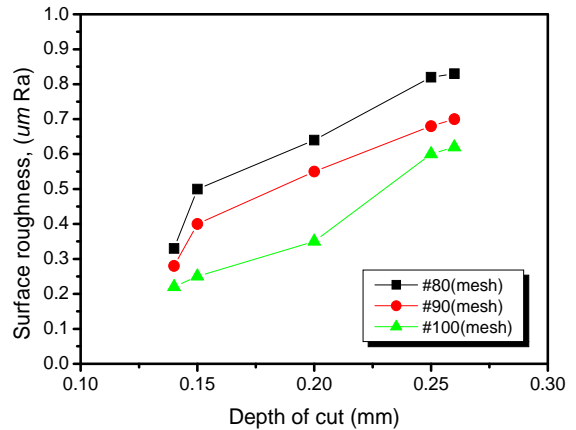


Fig. 5 Relation between surface roughness and depth of cut in external grinding (3SG 80,90,100 H12V)

3.4 절삭속도변화에 따른 표면거칠기

Fig. 6은 연삭숫돌은 3SG (80,90,100)H 12V를 사용하고, 휠의 입도를 #80, #90, #100으로 변경하여 이송속도 변화에 따른 표면 거칠기를 측정된 결과이다. 동일한 연삭조건에서 이송속도는 연삭면의 표면 거칠기에 큰 영향을 끼치는 것으로 나타난다. 이것은 재료를 연삭할 때 연삭숫돌의 단위 시간당 입자당 연삭 제거량이 많아지기 때문에 나타나는 현상으로 사료되며, 이러한 현상은 이송속도가 고속이 될 수록 현저하게 나타난다. 입도 #80, #90, #100은 3 mm/min 이상에서 표면 거칠기가 급격히 나빠짐을 알 수 있다.

3종류 모두 이송속도가 증가함에 따라 표면 거칠기가 나빠지는 것을 볼 수 있는데 이송속도 3 mm/min까지는 표면 거칠기가 일정하게 유지되고, 이송속도가 3 mm/min이상에서 연삭 휠과 제품에 걸리는 부하가 커짐으로써 표면 거칠기가 나빠짐을 알 수 있었다.

휠 이송속도와 표면거칠기의 상호관계를 판단할

결과 이송속도가 증가함에 따라 표면거칠기가 나빠지므로 이송속도를 줄이고 제품과 휠의 부하를 줄여서 표면거칠기를 향상시키는것이 필요하다.

본 실험에서 얻은 결과를 바탕으로 3 mm/min이하의 이송속도로 등속조인트를 가공하는 것이 표면 거칠기가 양호해짐을 알 수 있었다.

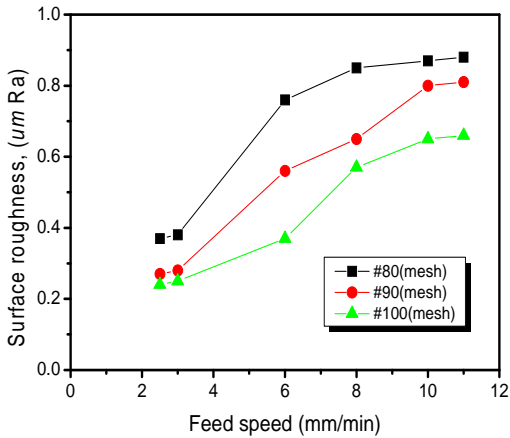


Fig. 6 Relation between surface roughness and feed speed in external grinding (3SG 80,90,100 H12V)

3.5 연삭조건에 따른 표면거칠기

Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9는 각각 등속조인트의 버텍스 클리어런스, 볼그루브 직경과 내경을 연삭했을 때의 표면거칠기의 관계를 나타내고 있다.

Fig. 7는 버텍스 클리어런스에 따른 표면 거칠기 변화로서, CBN 휠을 사용하고 버텍스 클리어런스가 13 μm일 때 표면거칠기가 급격하게 나빠지는 경향을 보이고, 20 μm 이상에서는 일정한 표면 거칠기를 유지함을 알 수 있다. Vertex의 치수를 13 μm 이하로 유지하는 것이 표면 거칠기가 양호해짐을 알 수 있다. 또한 SG휠보다 CBN휠이 표면 거칠기가 양호하게 나타남을 알 수 있다. 그래서 등속조인트의 내경과 볼그루브를 가공할 때는 CBN 휠을 사용해야 안정적인 표면 거칠기 값을 얻을 수 있다고 할 수 있다.

Fig. 8의 볼그루브에서의 표면 거칠기 변화는 볼그루브 치수가 77 mm~77.5 mm까지는 일정하게 유지되나, 77.5 mm이상에서는 CBN휠에서는 급격하게 나

빠지고 SG휠에서는 볼그루브 치수가 커짐에 따라 표면 거칠기가 나빠짐을 알 수 있다. 이것은 볼그루브의 치수를 크게 하기 위해서는 연삭해야하는 양이 많기 때문에 부품과 휠과의 부하가 크게 되어 이러한 현상이 발생함을 알 수 있다. 그리고 CBN휠이 SG휠보다 표면 거칠기가 양호한 이유는 등속조인트를 연삭할 때 휠의 강성이 크기 때문이라고 판단된다. Fig. 9은 내경과 표면 거칠기의 관계에서 내경치수가 66.5 mm이상에서 표면 거칠기가 대체적으로 나빠게 나타나는 것은 연삭해야 할 부분이 상대적으로 많기 때문에 이와 같은 경향을 보이는 것으로 판단된다.

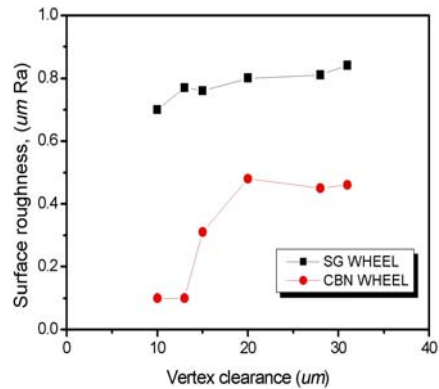


Fig. 7 Relation between surface roughness and vertex clearance in internal grinding(CBN 100 N140V, 5SS 100J 10V)

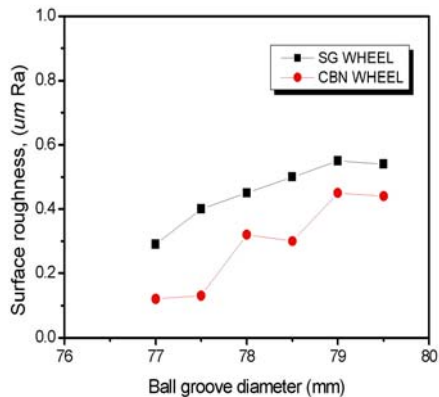


Fig. 8 Relation between surface roughness and ball groove diameter in internal grinding(CBN 100 N140V, 5SS 100J 10V)

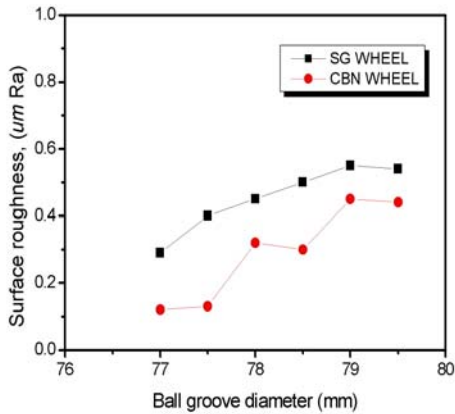


Fig. 9 Relation between surface roughness and spherical surface diameter in internal grinding(CBN 100 N140V, 5SS 100J 10V)

4. 결 론

연구는 등속조인트 외경연삭 절삭의 최적조건을 찾는 것이다. 따라서 이송속도, 절삭깊이, 절삭속도 등의 절삭조건을 변화시켜 가공 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 등속조인트를 외경 연삭 가공할 때, 표면거칠기는 연삭숫돌은 3SG(80,90,100)H 12V를 사용 할 때 표면 거칠기가 양호하게 나타났고, 이송 속도를 3mm/min 이하로 외경연삭을 가공하는 것이 표면 거칠기가 양호해짐을 알 수 있었다.
2. 주축속도가 75.4m/sec이상의 고속에서 정상적인 연삭이 이루어져 3종류 모두 표면 거칠기가 양호하고 입고는 #100일 때 가장 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었다.
3. 불그루브의 가공시의 연삭조건 변화에 따른 표면 거칠기는 CBN휠을 사용하는 것이 SG휠을 사용할 때 보다 양호하였다.

참고문헌

1. Donaldson, D. D. Thompson, "Design and Performance

of Small Precision CNC Turning Machine.ann. CIRP, Vol. 35, pp. 373-376, 1986.

2. E. Brinksmeier O. Riemer, "Tools and Setting for Improved Surface Finish in Diamond Turning." proc. of Int. Precision Engineering, pp. 125-133, 1993.

3. Inasaki, I., "Grinding Process Simulation Based on the Wheel Topography Measurement", Annals of the CIRP, Vol. 45, No. 1, pp. 347, 1996.

4. 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.

5. Shaw, M. C, "A Simplified Approach to Workpiece Temperature in Fine Grinding", Annals of CIRP, Vol. 39 No. 1, 1990.

6. Eshghy, S., "Thermal Aspects of the abrasive Cutoff Operation. Part 1-Theoretical Analysis," ASME journal Engineering for Industry, Vol. 89, pp. 356-360, 1967.

7. Wang, D. H., "A Study on the Machine Surface Morphology of Laminate Composite", KSPE, Vol. 12, pp. 130-138, 1995.

8. 'Marking for identifying Grinding Wheels Other Bonded Abrasives', American National Standard ANSI B74. pp. 13, 1982.

9. Koning, W. and Lortz, W., "Properties of cutting edges rotated to Chip Formation in Grinding", Annals of the CIRP, Vol. 24, No. 1, p. 231, 1975.

10. 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.

11. Phaal, C., "Structure studies of diamond", Ind. Dia. Review, vol. 25, p. 486, 1965.

12. McKeown, P., "Manufacturing - how small can we go The challenge and opportunities of the nanometer age", The British Association Lecture, 1996.

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. 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. 83-91, 1984.
 15. Chitra Dorai, "Registration and Integration of Multiple Object Views for 3C Model Construction", IEEE Transaction on Pattern analysis and Machine Intelligence, 1998.
 16. 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.
 17. Kraakman, H. J. J., de Gast, J.G.C., "A Precision Lathe with Hydrostatic Bearings and Drive", Philips Tech. Rev., Vol. 30, No. 5, p. 117, 1969.
 18. Hong, M. S., Oh, W. K., Park, S. K., "Automotive engineering", Won Chang Publishing, pp. 215-222, 2000.
 19. Miller, F. F. "Constant velocity universal ball joints-theirs application in wheel drives", SAE-Paper 958, pp. 125-300, 1965.