

원형단면의 정밀 원심 배럴가공에 관한 연구

고준빈[#], 김우강^{*}, 원종호^{**}

A Study on the Centrifugal Barrel Machining of Round Face

Jun Bin Ko[#], Woo Kang Kim^{*}, Jong Ho Won^{**}

ABSTRACT

Surface finish technology is highly demanded in the wide field of industry applications from ultra-precision parts to rough casting parts. Therefore, many kinds of surface finish technologies have been developed for each purpose. Because surface of a car's wheel cast is very rough it becomes the reason of the corrosion. This surface is coated to complement such problem but because surface is rough, the result of coating is not good and the coated metal peels off well. Therefore before the wheel is coated, it is necessary to grind the surface. In this study, we devised the plant to apply a barrel machining to improve the surface roughness and enhance the productivity. Also we could obtain the optimum barrel machining conditions for the proper surface roughness.

Key words : Barrel machining (베럴가공), Media sort (연마석), Surface roughness (표면조도), Polishing (연마), Barrel device (베럴장치)

1. 서 론

1.1 연구배경

최근 자동차산업의 급속한 발달에 대응하여 많은 자동차의 휠이 개발되고 있다. 자동차 휠은 안전성, 실용성뿐만 아니라 대량생산이 요구되기 때문에 주물을 이용하여 많은 종류의 자동차 휠을 생산하고 있다. 그러나 주물로 가공된 자동차 휠은 전체가 거친 면을 가지게 되어서 보다 정밀한 기계가공이 요구된다. 자동차 휠의 배면부분은 기계가공이 가능하나 전면부는 기계가공에 많은 어려움이 따르기 때문에 생산된 상태로 사용하거나, 커버로 덮어서 사용되고 있는 실정이다. 이러한 사정으로 인하여 자동차 휠 전면의 기공이나 흠과 같은

부분에 먼지나 이물질이 끼어 외관상에도 불쾌감을 유발할 뿐 아니라 부식이 되는 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 최근에 휠 외면을 도금하고 있으나, 휠 외면이 거칠기 때문에 도금이 잘 되지 않고, 도금을 했다 하더라도 도금 부분이 쉽게 벗겨진다.

따라서 도금하기 전에 휠 전면에 기계가공이 필요하고 있지만, 아직까지 우리나라에서 적절한 가공기계가 개발되지 않아서 수작업으로 이루어지기 때문에 인건비의 상승, 생산능률저하, 다듬질 가공면의 불량과 같은 결과가 초래되고 있다.

본 연구에서는 이러한 여러 가지 문제를 해결하기 위하여 정밀다듬질가공이 용이하고, 생산성을 증대시킬 목적으로 배럴가공을 응용한 기계장치를

^{1) #} 접수일: 2003년 6월16일; 게재승인일: 2004년 1월9일
[#] 교신저자, 한밭대학교 기계설계공학과
Email kjb1002@hanbat.ac.kr Tel. (042)821-1623
^{*} 충남대학교 기계공학과 대학원
^{**} 충남대학교 기계공학과

개발하여 가공특성을 검토하였다.

2. 실험

1.2 연구내용

베릴 가공은 원통형과 8각주의 베릴조라고 하는 상자 속에 공작물과 연마석 등의 매개물과 콤파운드(compound)를 넣고 베릴조를 회전시킴으로써 연마 또는 광택을 내는 가공이며, 종전에는 비교적 거친 다듬질 법에 속했으나, 현재는 미디어와 콤파운드의 개량과 작업조건의 발전에 의하여 정밀가공 분야로 분류되고 있다. 그 주된 작용은 회전을 이용한 증력과 마찰력에 의한 유동연마이다.^{1, 2} 즉, 미디어에 의한 절삭 또는 연삭 작용, 공작물끼리의 충돌에 의한 절삭작용 및 양자의 경우 버니싱 작용 등을 생각 할 수 있다. 그러나 이 가공법을 이용하면 공작물 전체가 가공되어서 주로 자동차 휠 전면 표면이 가공이 되어야 하는 것을 충족시키지 못해서 이 방법을 변형시켜 연마재를 둥근 원통에 넣고 회전시키고, 여기에 자동차 휠을 45°각도로 넣고 회전시키면 원통에서 회전하는 연마재가 회전하는 자동차 휠과 충돌하여 원심력에 의한 상호 작용력 때문에 연마가 되는 연마법을 개발했다. 그 결과 자동차 휠의 전면부분의 경면 연마가공이 가능하며, 주물 제작된 자동차 휠의 표면을 가공할 수 있게 되었다. 그러나 이론적으로 고려해 볼 때, 이 가공방법은 자동차휠과 연마재를 담은 통을 회전시켰을 때의 원심력에 의해서 휠 외곽 부분보다 안쪽 부분이 연마표면 거칠기가 양호하지 못할 것이라고 예상된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고 연마석 종류에 따라 표면 거칠기 변화를 비교하였고 연마재를 담은 통의 속도를 변화 시켰을 때 표면 거칠기를 비교하였다.³⁻⁵

이와 같은 목적을 위하여 첫째, 연마석을 작은 구, 중간구, 큰구, 중간크기의 삼각기둥, 큰 삼각기둥 각각에 대하여 연마하여 비교하며 둘째, 연마통 속도를 0~70rpm으로 변화하여 속도변화에 따른 표면조도를 비교하였고, 셋째, 휠의 재질과 동일한 시험편을 알루미늄 제작하여 자동차 휠 대신 이용하고, 이 공작물에 가이드(guide)를 설치했을 때와 가이드를 설치하지 않았을 때 연마 표면 거칠기의 값을 측정하여 그 결과를 고찰하였다.

2.1 실험재료

2.1.1 연마석

본 실험에서 사용한 연마석의 형상과 크기는 Fig. 1에서와 같이 큰 구, 중간구, 작은 구, 큰 삼각기둥, 중간크기 삼각기둥을 사용하였으며, 재질은 규조토(#200)를 소결한 경연삭용 제품을 사용하였다.

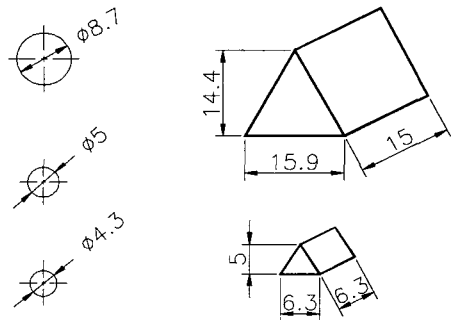


Fig. 1 Dimension of Media sorts.

2.1.2 시험편

실험에 사용한 공작물은 실제로 자동차 휠에 사용되는 재질로서 알루미늄 합금(Al2024)을 사용하였다. 시험편의 크기는 실제 자동차 휠을 축소하여 지름50mm, 길이 19mm로 제작하였다. 실제 휠의 형상을 구현하기 위하여 그림과 같이 선반으로 시험편의 표면을 가공한 후 드릴링 머신으로 한 개의 10mm 구멍과 네 개의 8mm 구멍을 가공하였다. Fig.2는 구멍의 위치와 크기를 보여주고 있다.

2.2 실험장치

연마장치의 구성은 Fig. 3과 같이 연마석을 넣은 용기의 회전을 담당하는 1차 모터는 삼상 유도전동기(주식회사 신명전기- 출력: 0.75kW, 전압: 220/380v, 주파수: 60Hz, 효율: 72%, 회전수: 1710 rpm)를 사용하였다. 그리고 시험편을 회전시킬 수 있는 2차 모터는 휴대용 전기 드릴(LG 산전- 회전수: 1100rpm, 출력: 1마력, 전류: 3A)을 사용하였다. 2차 모터의 축은 1차 모터의 축과 45°의 경사를 이루고, 시험편과 연마석의 마찰이 잘 이루어지도록 축의 길이를 용기의 중앙까지 이르게 하였다. 용기와

시편의 회전 속도를 조절하기 위하여 FET 변환기 (inverter)를 설치하였고, 변환기의 모델은 1차 모터에 VVF-2037와 2차 모터에 SV-IG (LG산전)을 각각 부착하였다.

또한 베릴가공 후 표면조도를 측정하기 위하여

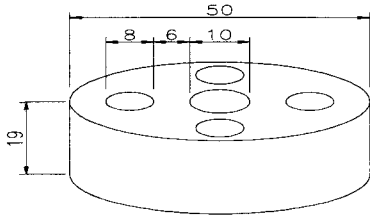


Fig. 2 Schematic diagram of specimen.

일본 미츠토요(Mitutoyo)사의 Sufstest-211기기에 직류전압장치 (정격전압-AC110V/220V, 주파수-60HZ, 정격출력-DC1.5V 2V 3V 4.5V 6V 7.5V 9V)을 사용하였고, 각 조건에 따라 평균거칠기(Ra)를 측정하여 비교하였다.

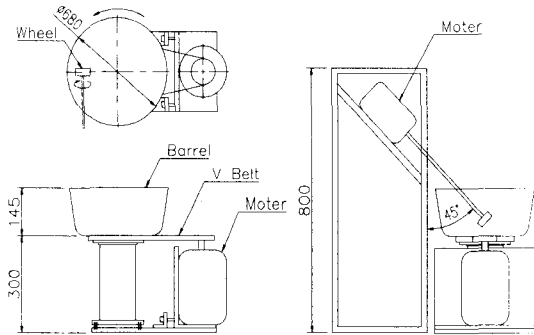


Fig. 3 Schematic diagram of Barrel device

2.3 실험방법

연마석의 형상과 크기에 따른 표면조도의 변화를 관찰하기 위하여 구(ball)형과 삼각기둥(triangular column)형의 연마석을 사용하였다. 연마석의 크기는 구형인 경우 지름에 따라 세 가지로 나뉘고, 삼각기둥형인 경우에는 큰 것보다 작은 크기의 두 가지로 구분하여 실험하였다.

시편의 회전속도는 830rpm으로 일정하게 유지

하였고, 연마석의 조건에 각각 연마시간과 연마속도에 변화를 주어 실험하였고, 또한 시편에 가이드를 설치한 경우와 그렇지 않은 경우, 베릴시간에 따른 표면조도의 변화를 관찰하였다.

시험편의 표면조도를 측정하는데 있어서 중심선 평균 표면조도(Ra)값을 측정하였다. 또한 측정값의 신뢰도를 높이기 위하여 연마 전과 후의 측정 위치를 일정하게 유지하였고, 시편의 앞면과 뒷면에서 측정된 Ra값의 평균값을 산출하였다. 또한 Table 1에 이러한 실험조건을 정리하였다.

Table 1 Experimental conditions

| | | |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Workpiece | | Aluminum(ψ 50×19mm) |
| Barrel grinding time(min) | | 3, 5, 10, 13, 15, 18, 20 |
| Workpiece rotation speed | | 830(rpm) |
| Media sizes | ball(mm) | L=8.7, M=5, S=4.3 |
| | triangular column(mm) | L=15.9×14.4×15 M=6.3×5.8×6.3 |
| Media sorts | | ball, triangular column |
| Barrel grinding speed | | 0~70(rpm) |

3. 실험결과 및 고찰

3.1 연마시간에 따른 표면조도의 변화

3.1.1 구(ball)형 연마재를 사용한 결과

동일 연마조건에서 베릴시간에 따라 표면조도가 향상되지만 연마재의 크기에 많은 영향을 받은 것으로 나타났다. Fig.4는 구(ball)형 연마재의 크기에 따라 베릴시간에 대한 표면조도의 변화를 나타낸다.

연마재의 크기에 관계없이 베릴시간이 증가함에 따라 표면조도가 양호해지나, 베릴시간이 20분이상이 되면 표면조도는 더 이상 나아지지 않는다. 이는 선반 가공된 시편이 연마입자에 의해 미세한 절삭이 되기 때문이고, 20분 이상에서 얻어진 표면조도가 그 조건에서 얻을 수 있는 최대값이라 생각 이 된다.

또한, Fig.4에서 베릴시간 10분까지는 연마석이 클수록 표면조도의 개선이 많은 반면, 20분의 베릴시간에서 연마입자의 크기가 작을수록 표면조도가

양호해지고 그 차이도 커지는 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 연마재 입자가 미세할수록 연마재가 공작물에 가하는 하중이 적기 때문에 더욱 미세한 절삭이 이루어지기 때문이다.

따라서 연마가공능률을 높이기 위해서 Fig.4에서 나타난 것과 같이 베럴시간에 따라서 연마재의 크기를 다르게 선택해야 할 것이다.

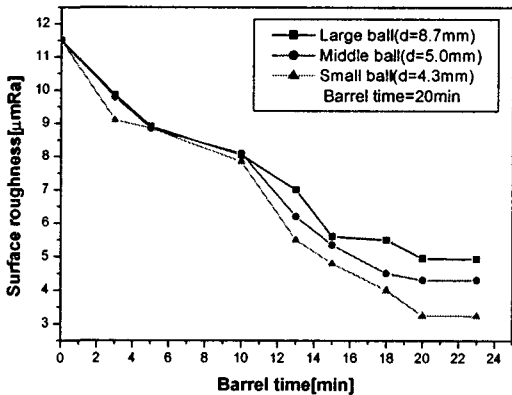


Fig. 4 Distribution of Surface roughness on barrel time and sizes of circle media sorts.

3.1.2 삼각기둥(triangular column)형 연마재를 사용한 결과

Fig. 5는 삼각기둥 연마재를 사용하여 베럴시간에 대한 공작물 표면 거칠기 변화를 표시한 것이다.

연마재가 큰 경우에는 베럴시간이 증가함에 따라 표면조도가 거칠어지고, 15분 이상에서는 변화를 보이지 않았고, 연마재가 작은 경우에는 베럴시간이 증가함에 따라 표면조도가 좋아지고, 15분 이후에서는 변화를 보이지 않았다. 또한 두 조건의 기물기에서 알 수 있듯이 큰 연마재의 경우에 연마량은 많지만 입자의 모서리에 의한 긁힘 자국이 시편의 표면에 그대로 남게 되어 표면조도에 나쁜 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3.2 연마속도에 따른 표면조도의 변화

3.2.1 원형(circle) 연마석을 사용한 결과

Fig.6은 원형(circle) 연마석을 사용한 경우 연마속도에 따른 표면조도의 변화를 나타내고 있다. 각

연마조건에서 연마시간은 20분으로 일정하게 하고, 베럴속도와 연마재의 크기를 변화시켜 실험하였다. 베럴속도를 0rpm, 즉 시편의 회전만으로 연마가공을 하면 표면조도는 나빠지고, 베럴 속도가 0~22rpm인 구간에서 표면조도가 양호하게 나타났다. 베럴속도가 22rpm 이상에서는 점점 불량해진다

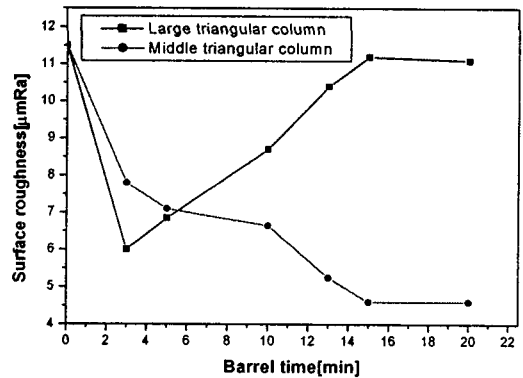


Fig. 5 Distribution of Surface roughness on barrel time and sizes of triangular column media sorts.

가 56rpm 이상에서는 거의 변화가 생기지 않았다.

이와 같이 베럴속도를 0rpm으로 가공하면 공작물 표면조도가 불량해지는 원인은 입자의 순환, 회전, 자유이동이 발생하지 않아 연마석이 공작물 표면에서 한 부분만 연마하면서 칩 배출과 공작물 표면에서 움직이지 않아 연마석이 계속하여 쌓이게 되어서 불량하게 되는 원인으로 작용하게 되고, 베럴속도가 22rpm 이상에서 공작물의 표면조도가 급격하게 불량해지는 원인은 베럴의 속도가 증가하면 할수록 베럴의 원심력이 크게 작용하여 연마석의 입자에 응집력이 생기므로 그렇지 않을 때 보다 높은 하중으로 공작물 표면에 부딪치기 때문에 공작물 표면에 가공량은 많아지나 표면조도가 급격히 불량해지는 것으로 생각된다. 그리고 연마석 입자가 커질수록 표면조도의 변화 폭이 커지는 이유 또한 위에서 설명한 것과 같이 공작물 표면에 가해지는 하중이 커지기 때문이다.

3.2.2 삼각기둥 (triangular column) 연마석을 사용한 결과

Fig.7은 삼각 연마석을 사용한 경우 베럴 속도와 표면조도 관계를 나타낸 것이다.

연마조건은 연마시간과 시편의 회전속도는 각각 20분, 830rpm으로 하고, 연마재의 크기와 베럴 속도를 변화시켜 실험하였다.

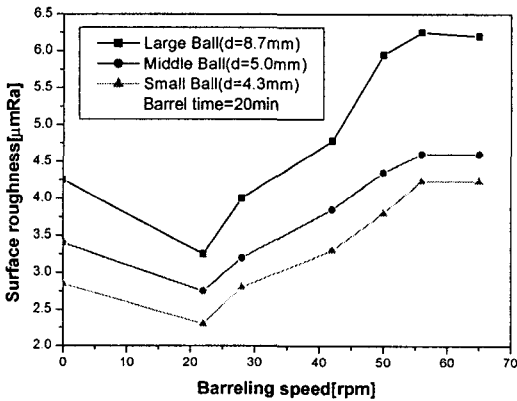


Fig. 6 Distribution of Surface roughness on barrel speed and size of circle media sorts.

Fig.7에서 알 수 있듯이 베럴속도가 14rpm이 될 때까지는 표면조도가 양호해지는 반면 그 이상에서는 불량해지는 것으로 나타났다. 또한 큰 연마재일수록 변화 폭이 커지고, 한계점에 일찍 도달하는 것으로 나타났다. 그 이유는 앞 절에서 설명한 바와 같이 베럴속도가 빠르고, 연마재의 입자가 커질수록 시편에 작용하는 응력도 커지기 때문이다.

3.3 가이드(guide)에 따른 표면조도의 고찰

Fig.8~9는 공작물에 가이드를 설치한 경우와 가이드를 설치하지 않은 경우의 공작물의 내측과외측 부분의 표면조도의 관계를 나타낸 것이다.

Fig.8은 중간구, 중간 크기 삼각기둥을 혼합하여 가이드를 설치하지 않고, 20분 동안 베럴가공했을 때 시편의 내측과 외측의 표면조도 변화를 나타낸 것이다. 베럴시간이 증가할수록 표면조도는 두 조건에서 모두 양호해 지고 있으나 내측의 경우 한계에 빠르게 도달하는 것을 알 수 있다.

Fig.9는 가이드를 설치한 경우 표면조도의 변

화를 보여준다. 베럴시간이 증가할수록 안쪽과 바깥쪽의 표면조도가 가이드를 설치하지 않은 경우보다 현저하게 작은 차이로 양호해지는 것을 알 수 있다.

이와 같은 결과를 보이는 이유는 가이드를 설치했을 경우 공작물이 회전할 때 연마입자를 가운데로 모아주기 때문에 가이드를 설치하지 않은 경우보다 내측에 연마입자가 많아지기 때문에 표면조도의 차이가 덜 생기게 된다.

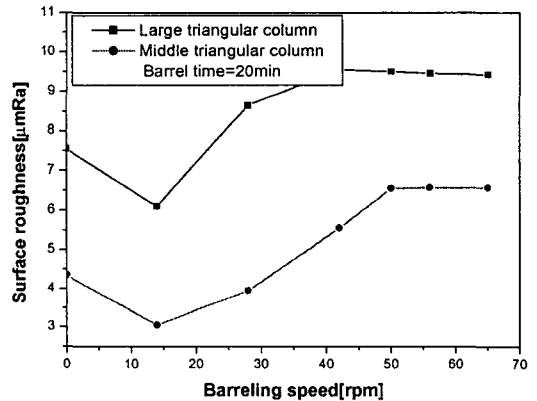


Fig. 7 Distribution of Surface roughness on barrel speed and size of triangular column media sorts.

3.4 연마능률에 대한 고찰

실험결과에서 알 수 있듯이 연마능률에 미치는 인자는 연마시간, 연마속도, 연마재의 형상과 모양으로 나뉜다. 최대 표면조도는 연마재의 형상과 크기에 의해 결정이 되기 때문에 얻고자 하는 표면조도에 따라 연마재를 선택해야 한다.

또한 연마재의 종류에 따라 연마량이 결정되기 때문에 연마재는 초기의 조도에 따라 모양과 크기를 기준으로 선택되어야 한다.

초기의 표면조도가 거친 경우 처음에는 굵은 연마재를 선택하여 단시간에 연마를 하고, 그 후 작은 연마재를 선택하여 최고의 표면조도를 얻을 때까지 연마를 실시해야 한다. 이렇게 함으로써 연마시간을 최소화 할 수 있다.

베럴의 속도에 관련된 표면조도의 변화는 베럴속도가 증가하면 베럴의 원심력에 의한 연마석의 응집력이 생겨서 표면조도를 불량하게 만드는 원인

으로 작용하게 되며 또한 베럴의 속도를 주지 않으면 연마석입자의 순환, 회전, 자유이동과 공작물의 칩의 배출이 이루어지지 않아서 공작물 표면조도를 불량하게 하는 원인으로 작용하게 됨을 알 수 있었다.

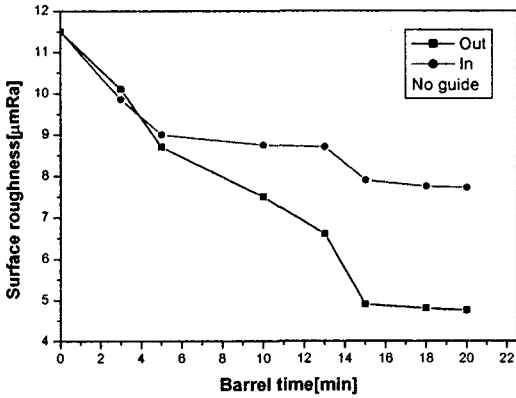


Fig. 8 Comparison with in and out surface roughness without using guide device.

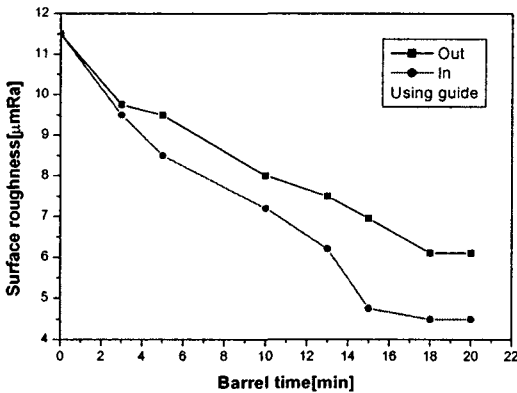


Fig. 9 Comparison with in and out surface roughness on using guide device

가이드와 표면조도와의 관계에서는 가이드를 설치했을 경우가 가이드를 설치하지 않았을 때 보다 공작물의 내측과 외측의 표면조도의 차이가 적게 나타나게 되므로 가이드를 적당히 설치하여서 내측과 외측의 차이를 줄이는 것이 중요하다.

베럴 속도가 적으면서 연마가공 시간이 어느 한 계까지는 표면조도가 양호해지고 연마석의 종류의

특성에 따른 적당한 혼합으로 빠른 시간 내에 고품위의 제품을 가공할 수 있다. 그리고 가이드를 적당히 설치하여 공작물의 원심력에 의해 발생되어지는 공작물의 내측과 외측의 표면조도의 변화를 줄일 수 있다. 그러기 위해서는 더욱더 표면조도의 변화를 줄일수 있는 적당한 가이드의 연구가 요망되어진다.

4. 결론

본 논문에서는 베럴연마기를 응용시킨 연마기를 개발하여 그것에 대한 연마시간, 연마통속도, guide설치에 따른 표면조도를 측정하고 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 구형 연마재를 사용한 경우 삼각기둥 연마재보다 베럴시간이 길수록 표면조도가 향상되고, 일정시간 이후에는 표면조도의 변화가 없는 것으로 나타났다.
- (2) 베럴속도가 일정시간보다 증가할 경우 표면조도에 나쁜 영향을 미치고, 연마재의 크기가 클수록 더욱 악화된다.
- (3) 연마가공에서 가이드를 설치하지 않고 가공한 것보다 가이드를 설치했을 때 공작물 내측과 외측의 표면조도 차이가 좁아졌다.
- (4) 연마 효율을 증대시키기 위해서는 초기 표면조도와 가공시간에 따라 연마석의 교환이 필요한 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

1. Rhoades, L.J., "Abrasive Flow Machining: A Case Study," Proc. of the 7th Int. Conf On Computer-Aided Production Engineering, Elsevier, 1991, pp. 107-116
2. Gilmore, J., "Orbital Polishing An Emerging Technology," SME, Buff and Polish Clinic, Schaumburg, IL, 1997.
3. Sin, J.H., Kim, S.W. and Knag, D.W., "A Study on Design of Barrel Cam Using Relative Velocity," J. of the KSPE Vol. 19, No. 8, pp. 47-54, 2002.
4. Ko, J.B. and Won, J.H., "A Study on the Centrifugal Barrel Finishing of round

- aluminium face," J. of the KSMTE Vol. 8, No. 4, pp. 93-98, 1999.
5. Kim, E.J. and Sin, G.H., "A Study on Corrective Polishing Using a Small Flat Type Polisher," J. of the KSPE Vol. 19, .No. 1, pp. 99-106, 2002.