

PC용 HDD의 Actuator Arm 디버링

박동삼*, 최영현+, 강대규+

The Deburring of the Actuator Arm of HDD for PC

Dong Sam Park*, Young Hyoun Choi+, Dae Kyou Kang+

Abstract

It is very important to make an intensive control of burr and surface roughness in the actuator arm of HDD for personal computer. There are two finishing techniques for actuator arm : mechanical and chemical method. Centrifugal barrelling and magnetic deburring are mechanical methods, and electrolysis finish is a chemical method. Centrifugal barrelling and magnetic deburring are widely used due to the excellence in convenience and mass production. In this study, characteristics of surface roughness and deburring effect in magnetic deburring and centrifugal barrelling are investigated, and their performance of finishing is compared.

Key Words : HDD(하드디스크), Actuator arm(구동 팔), Centrifugal barrelling(원심 바렐링), Magnet deburring(자기 디버링)

1. 서론

오늘날의 정보화 시대에서 개인용 컴퓨터(PC)의 성능개선과 보급대수의 증가는 가파른 상승곡선을 그리면서 진되고 있다. PC에서 중요 핵심 부품 중의 하나인 HDD(Hard Disk Drive)는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 외부와 단된 진공의 내부공간에 데이터가 저장되는 레코드 형태 플래터(platter)와 플래트 위를 쉘새 없이 움직이는 바늘 양의 헤드(head), 헤드와 연결되어 있는 구동 팔(actuator

arm)으로 이루어져 있다.

구동 팔은 HDD내에서 피봇(pivot) 축을 중심으로 회전 운동을 하여 헤드가 플래트에 접근할 수 있도록 헤드의 윤반역할을 한다.

암의 재료는 일반적으로 알루미늄 합금을 사용하며 제작 방법은 CNC 가공으로 기본 형상을 만든 후 표면처칠기의 향상과 버(burr)의 제거를 위하여 후가공을 한다. 완제품 출하전의 구동 팔의 평행도 공차는 0.033mm 이내로 유지되어야 하는데 아주 높은 정밀도가 요구되는 제품이다. 한편, HDD는 미세한 입자(particle)로 인한 불량 확률이

* 인천대학교 기계공학과 (dspark@incheon.ac.kr)

주소: 402-749 인천시 남구 도화동 177

+ 인천대학교 대학원 기계공학과

아주 높은 정밀한 전자제품이므로 완벽한 디버링(deburring)에 의한 표면의 정밀도 관리가 필수적이다. 알미늄의 가공시 재료의 특성상 비교적 큰 버가 발생되는데 CNC 가공 중에 발생하는 버는 HDD 내에서 암이 작동되는 동안에 플래터면 위로 탈락될 경우 플래터 표면에 치명상을 입히게 되어 HDD의 불량 및 고장에 결정적 영향을 미치게 된다. 따라서, 구동 팔의 표면연마 및 버의 완전한 제거는 구동 팔의 제작시 제품의 품질, 생산성, 공정축소 등의 향상을 위해서는 필수적으로 요구된다.

구동 팔의 CNC 가공 후 표면연마법으로 많이 사용되고 있는 방법은 ECD(Electronic Chemical De-burring)로, 브러쉬(brush) 연마 후 화학적 처리로 표면의 버나 스케일(scale)을 제거하는 방법이다. 하지만 화학적 처리를 해야 할 경우 시설비가 많이 소요되고, 공해물질이 배출되는 등의 단점이 있다. 때문에 소량의 샘플을 제작하거나 우수한 광택면을 얻고자 할 때에는 원심바렐 장치(centrifugal barrel machine)나 자기디버링 장치(magnetic deburring machine)를 이용하여 연마한다.

본 연구는 구동 팔의 디버링과 표면거칠기 향상을 위한 적절한 연마법을 찾는데 그 목적을 두었으며 구동 팔의 표면처리 방법 중 바렐연마를 이용한 처리방법과 마그네틱 연마를 이용한 처리방법을 사용하여 각 가공방법에 따른 표면거칠기 변화와 버의 제거 성능을 비교 분석하였다. 구동 팔의 평행도 공차가 0.033mm 이내로 유지되어야 하므로 본 실험에서는 연마가공으로 인한 제품의 변형을 방지하고자

원심연마는 최대 25분, 자기연마는 최대 5분 30초로 실험 시간을 한정하였다.

2. 연마가공의 개요

2.1 원심 바렐연마법

원심바렐연마는 1911년 스위스의 H. Maritignier에 의해 처음 시도된 연마방법으로, 회전 및 진동 바렐연마에 비하여 비약적으로 발달된 최신의 바렐연마법이다.

원심바렐연마법은 다량의 바렐통이 공전과 자전을 함께 하고 고속회전을 하므로 피 가공품에는 원심력에 의한 고압력과 고속유동이 작용하게 된다. 공전과 자전의 비가 1:1 ~ 1:4.5이며 공전의 회전수는 120 ~ 300 rpm, 자전의 회전수는 50 ~ 170 rpm이 일반적이다.

메디아와 피삭재의 혼합비는 3 ~ 5 : 1이며 전체 장입량은 60 ~ 70 % 가 적당하다. 고품파운드는 피 연삭재 종류 및 가공목적에 따라 다양하게 사용된다. 광택 사상연마인 경우 20g/Liter를 적용한다.

이 방법은 회전바렐 및 진동바렐 연마에 비해 강력한 연삭작용을 일으키므로 단시간 내 연삭에서 정밀사상에 이르는 연삭작업을 할 수 있는 연마법이다.

2.2 자기 디버링 연마법

고정판 밑에 회전 모터를 장착하고 한 축에 영구자석을 매달아 회전시 고정판 위에 있는 자성이 있는 스텐레스 핀이 회전하면서 공작물과의 마찰로 연마가 되는 방법이다. 자기 디버링 장치는 메디아의 형상이 가늘고 긴 스텐레스 핀이기 때문에 소형부품의 외면 뿐 아니라 구석진 미소 버도 제거가 가능한 연마방식이다. 작업시간이 다른 연마방식보다 짧고 방법이 간단하다.

연마작업 방법은 메디아와 가공물을 넣은 상태에서 연마액과 물을 넣고 운전한다. 메디아는 2.5 ~ 3kg을 넣고, 속도는 300 ~ 1500 rpm을 적용한다. 또한, 물은 1.5 ~ 3.0 리터와 연마액 4 ~ 8cc를 일반적 작업 표준으로 한다.

특징으로는 작업이 어려운 구석부위의 버 제거가 가능하고 초소형부품의 작업도 가능하며, 비철 금속(알루미늄, 동, 스텐레스 등)에 탁월한 성능 발휘한다. 특히 산화막 제거, 녹 제거, 도금처리 전 표면거칠기의 향상을 기대할 수 있고 적용 메디아로는 스텐레스 핀, 연마석, 강구, 나무 등이 있다.

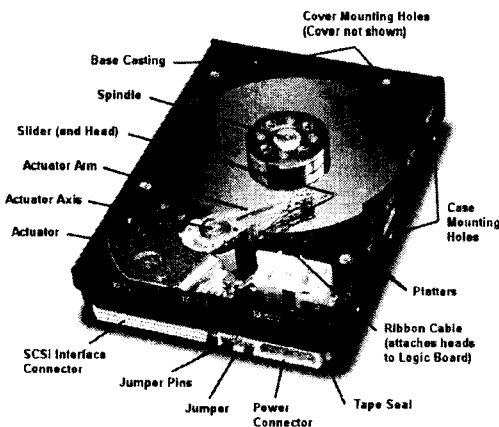


Fig. 1 The HDD of IBM

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

실험에 사용된 장비는 원심 바렐연마기와 자기 디버링 장치 두 종류이다. 원심 바렐연마기는 국내 D사의 것으로 15 리터 용량의 바렐 4개가 장착되고, 바렐 내에는 고무 라이닝(rubber lining)이 되어있다. 수동운전과 자동운전이 가능하고, 가공물을 장입 시 편리하도록 조깅(jogging) 기능 버튼이 부착되어있다. 원심 바렐연마기의 외형을 Fig. 2에 나타내었다.

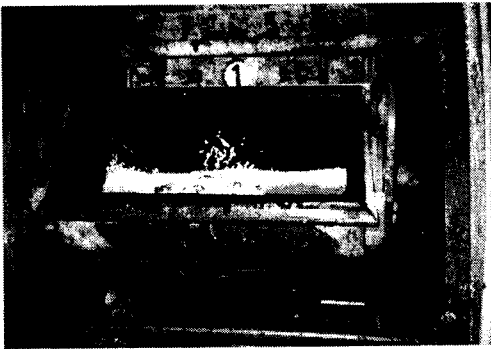


Fig. 2 Centrifugal barrel machine

자기 디버링 장치는 국내 S사에서 제작한 것으로 건식과 습식연마가 가능한 장비이다. 사용 매디아는 $\phi 0.15 \sim 1.0\text{mm} \times 5\text{mm}$ 스텐레스 핀이며, 최대처리용량은 15 리터 까지 가능하다. 자기디버링장치의 외형은 Fig. 3에 나타내었다.

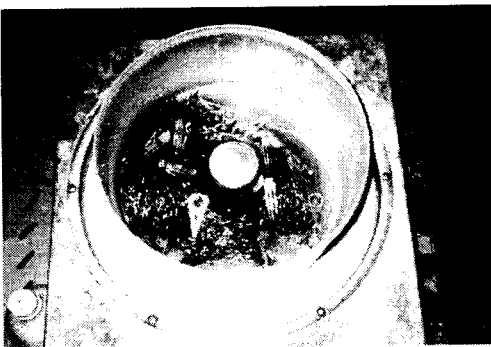


Fig. 3 Magnetic deburring machine

3.2 실험방법

실험은 연마조건의 변화에 따른 연마성능의 변화를 파악하기 위해 피 가공물에 가해지는 가공시간을 원심 바렐연마기는 5분~25분의 범위로, 자기 디버링 연마는 3분30초~5분30초 범위로 변화시키면서 가공 진행에 따른 제거율의 변화량 과 표면거칠기의 향상도를 관찰하였다. 위와 같이 가공진행 시간을 설정한 이유는 시편의 CNC 가공후의 연마여유가 원심바렐연마법과 자기디버링법 적용 시 상이하기 때문이다. 일반적으로 연마여유 0.01mm를 가공하는데 소요되는 시간은 원심바렐연마법으로는 20분 내외이며, 자기디버링법의 경우 연마가공 시간은 4~5분으로 하고 있다. 따라서 시편인 구동 팔의 중요 지점인 베어링 구멍의 치수공차가 $12.76 \pm 0.003\text{mm}$ 이므로 기계가공 후의 가공여유와 공차를 감안하여 가공시간을 설정하였다.

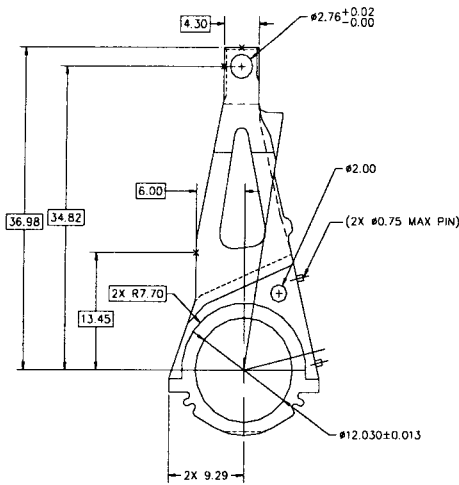
원심바렐연마기의 매디아는 SCX-1.7을 사용하였고, 자기디버링장치의 매디아는 스텐레스 $\phi 0.7 \times 5\text{mm}$ 핀을 사용하였다. 콤팩운드는 PH 9.5의 DCP-A를 0.035Kg 적용하였다. 알미늄의 변색을 방지하기 위하여 세척액으로는 미국 TRITON 사의 SURFACTANT X-100을 5cc 공급하였다.

3.3 시편

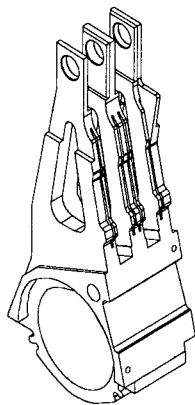
본 논문에서 이용된 시편은 구동 팔을 생산하고 있는 국내 E사의 도움을 받아 구동 팔을 기계가공한 후 표면연마공정이 들어가기 이전 단계에서 채취하여 시료로 사용하였다. 구동 팔의 재질은 A6063이며 알미늄 빌렛을 압출 성형한 후 20mm 길이로 절단한 후 CNC 가공하였으며 그 형상을 Fig. 4에 나타내었다.

3.4 측정장치

본 실험의 목적은 각 연마방법에서 표면거칠기의 향상도와 연마에 따른 시편형상의 변화 그리고 버의 크기 감소를 비교하기 위한 것이다. 따라서 이에 사용된 측정장비로 표면거칠기 측정기인 Mitutoyo사의 Surf-test-301을 사용하여 평균거칠기(Ra)값을 측정하였고, 베어링 구멍 직경의 변화량을 측정하기 위해 Mitutoyo사의 Bright-A504 3차원 형상측정기를 사용하였다. 버의 제거 상태를 측정하기 위한 공구현미경은 일본 TOPCON사의 TMM-100D를 이용하였으며, 시편의 버 높이를 3차원으로 정밀 측정하기 위해 미국 Veeco사의 NT-1000을 이용하였다.



(a) Right view



(b) ISO view

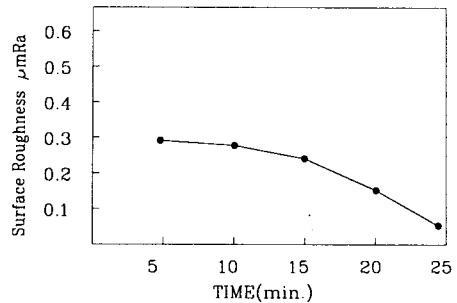
Fig. 4 Shape and dimensions of a specimen, actuator arm of HDD

4. 실험결과 및 분석

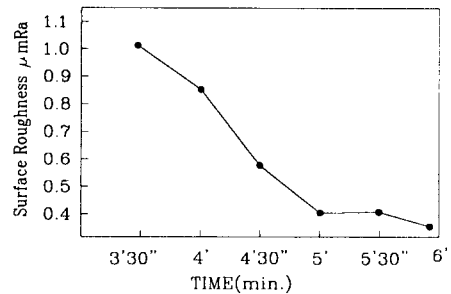
4.1 가공시간변화에 따른 표면 거칠기의 변화

두 종류의 연마방법을 사용하여 가공시간에 따른 표면 거칠기의 변화를 비교한 결과 Fig. 5와 같이 나타났다. 두 연마법 모두 가공시간이 길수록 표면 거칠기는 양호하게 나타난다. 또한 원심바렐 연마법으로 5분간 연마한 경우와 자기

디버링 장치로 5분간 연마한 경우를 비교해보면 원심바렐 연마법으로 연마한 경우가 표면 거칠기는 더 양호하게 나타났다.



(a) Surface Roughness versus centrifugal barreling time



(b) Magnetic deburring

Fig. 5 Surface roughness versus finishing time

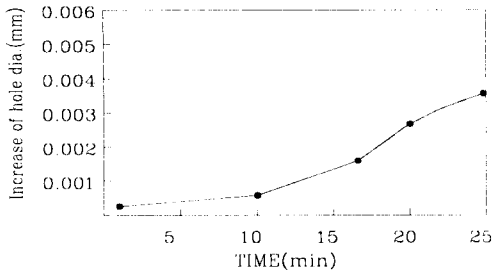
4.2 베어링 구멍의 직경변화

구동 팔의 가장 중요한 부분인 베어링 구멍(Fig. 4 (a)의 $\varnothing 12.030$ 해당)에 있어 가공시간 증가에 따른 구멍의 직경 증가를 고찰한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 여기서 두 연마법의 직경 증가량을 비교해 보면 다음의 사실을 알 수 있다.

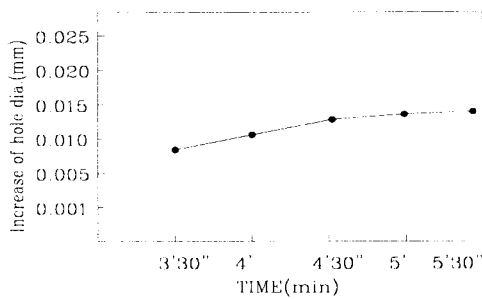
원심바렐연마법의 경우 가공시간이 지날수록 일정하게 연마량이 증가됨을 볼 수 있다. 하지만 25분 이상의 연마가공에서는 모서리부 등의 R형상이 시편의 가공여유 한계를 넘어서 20분 정도가 가장 효율이 좋은 것으로 나타났다.

자기 디버링법의 경우 3분 30초까지 급속히 가공이 이루어지고, 4분 30초 이후에는 완만한 증가를 나타냄을 알 수 있다. 따라서 4분 정도의 연마가공이 효율적임을 알 수 있다.

결론적으로 직경의 변화는 같은 시간대라면 자기 디버링법이 더 효과적임을 알 수 있다.



(a) Centrifugal barrelling



(b) Magnetic deburring

Fig. 6 Increase of bearing hole diameter

4.3 버 높이

구동 팔의 모서리부에 대한 디버링 성능을 비교하기 위하여 자기 디버링 방법과 원심바렐연마법을 사용하여 실험한 결과 Fig. 7과 같이 나타났다. 디버링 전에 보이던 큰 버가 용이하게 제거된다는 것을 알 수 있는데 원심바렐연마법이 더욱 양호한 결과를 얻었다.

4.4 광학 현미경 사진 분석

Fig. 8과 Fig. 9는 원심바렐 연마법과 자기 디버링법을 이용하여 구동 팔 모서리부의 디버링 실험 후 나타난 모서리의 광학현미경 사진을 나타낸 것이다.

Fig. 8은 원심바렐연마법의 결과로 초기에 형성되어 있던 버들이 가공시간이 지남에 따라 제거되어 20분 경과 후는 아주 깨끗한 모서리가 나타나고 있다.

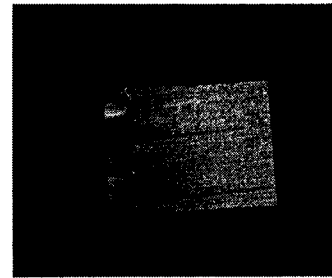
Fig. 9는 자기디버링법을 이용한 경우로 가공시간이 지남에 따라 버가 완전히 모서리로부터 분리되는 것이 아니라 모서리부에 눌러 붙는 현상이 발생하고 있음을 알 수 있어 원심바렐 연마법이 효율적임을 나타내고 있다.

3-Dimensional Interactive Display

Date: 05-01-2002
Time: 16:20:25

Surface Stats:
Ra 2.61 um
Rq 3.42 um
Rt 22.90 um

Measurement Info:
Magnification: 10.24
Measurement Mode: VSI
Sampling: 1.64 um
Array Size: 368 X 240



Title:
Note:

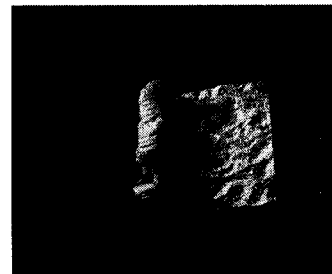
(a) Before finishing

3-Dimensional Interactive Display

Date: 05-01-2002
Time: 16:11:27

Surface Stats:
Ra 4.71 um
Rq 5.53 um
Rt 27.19 um

Measurement Info:
Magnification: 10.24
Measurement Mode: VSI
Sampling: 1.64 um
Array Size: 368 X 240



Title:
Note:

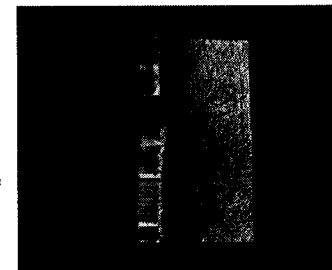
(b) Magnetic deburring

3-Dimensional Interactive Display

Date: 05-08-2002
Time: 21:06:18

Surface Stats:
Ra 1.96 um
Rq 2.59 um
Rt 13.66 um

Measurement Info:
Magnification: 10.24
Measurement Mode: VSI
Sampling: 1.64 um
Array Size: 368 X 240



Title:
Note:

(c) Centrifugal barrelling

Fig. 7 Three dimensional view of a edge

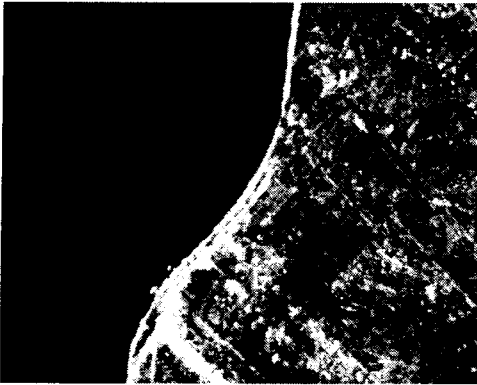


Fig. 8 Centrifugal barreling, 20min.

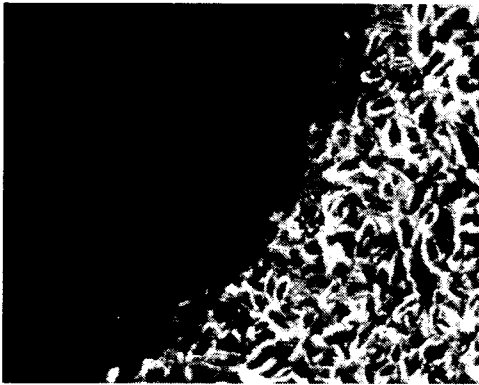


Fig. 9 Magnetic deburring, 5min.

5. 결 론

최근 급격히 수요가 증가되고 있는 HDD의 중요 부품인 구동 팔의 표면 연마공정 중 원심바렐연마법과 자기디버링법의 연마 특성을 규명하고 구동팔의 보다 효과적인 연마방법을 규명하고자 하는 실험적 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면거칠기는 각 연마법 공히 가공시간이 길수록 양호하게 나타나나, 같은 시간대(5분 기준)라면 원심바렐연마법이 더욱 우수하였다.

2. 표면의 타흔 방지 효과나 광택은 원심바렐연마법이 우수하다.

3. 디버링 효과는 원심바렐연마법이 다소 우수함을 알 수 있다.

4. 위의 분석결과를 종합해 볼 때 같은 연마시간을 적용할 경우 원심바렐연마법이 자기디버링법 보다 더 우수함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) Kang, H. T. and Lyoe, U. K., 1992, New Metal Surface Finishing, Dongmyeong Co.
- (2) SINTOBRATOR Co., LTD, 1990, Barreling Methods
- (3) Kim, U. K. and Weon, J. H., 1998, "A Study on the Centrifugal Barreling of Circular Cross Section of Aluminium", M.S. Thesis, Dept. of Mechanical Engineering, Chung Nam National Univ. .
- (4) Ko, B. H., 1994, "Application of Deburring to Barreling in Manufacturing of Sprack Gears", M. S. Thesis, Graduate Course of Management, Kyung Sang National Univ.
- (5) SINTOBRATOR Co., LTD, 1975, Application Parts of Barrel Finishing.
- (6)DCM Co. LTD, 2000, Centrifugal Barreling-General.
- (7) SEC Co., LTD., Magnetic De-burring Machine MANUAL
- (8) Daekwang, 1990, Handbook of Mechanical Design and Drafting