

MAGIC 슷돌에 의한 연마작업의 표준화

조종래*, 이상태**, 정윤교#

Standardization of Polishing Work by MAGIC Polishing Tool

Jong Rae Cho*, Sang Tea Lee**, Yoon Gyo Jung#

ABSTRACT

As the industrial development is accelerated, a new machining process and system are keenly required to achieve super precision surface finish. Especially to get ground surface finish for complicated and narrow inner shape of molds, it is impossible with the existing methods so that a new method is being required to be developed. A new material, called Magic(MAGnetic Intelligent Compounds), is finally made and it is called Magic machining that uses this material. There is a way to make a material as follows, the mixture of magnetic particles, bonding material and particles of abrasive grain should be melt down by proper heat, and then this mixture put in a mold and cool down in magnetic field which has a uniform direction. This new polishing method is spotlighted as an excellent solution to the existing problems. However it hasn't reported any study about the influence of the machining conditions of polishing velocity, amplitude and polishing pressure to the surface roughness yet. This study would examine closely the influence of polishing conditions of the Magic polishing tool to the surface finish to decide the optimum polishing condition and to standardize the Magic polishing work.

Key Words : Abrasive grain(연마입자), Bonding material(결합제), Magnetic particle(자성입자), Magnetic field(자기장), Magnetic Polishing Tool(매직스틀), Mold(금형), Polishing(연마)

1. 서론

산업발전이 가속화 되면서 초정밀 가공품을 얻기 위한, 새로운 가공장치, 가공법, 가공시스템 개발이 절실히 요구되어 지고 있다. 특히 형상이 복잡하고, 공간이 협소한 내면에 대해서 초정밀 표면을 얻기 위해서는 기존의 기계장치시스템으로는 한

계에 부딪쳐, 숙련공의 수작업에 의존함으로 생산성이나 품질의 안정화에 많은 문제점이 있었다. 또한 기존의 연마스틀로는 형상이 복잡하고 공간이 협소한 내면의 제품에 대해서 연마작업이 불가능하여, 새로운 슷돌개발이 요구되어져 왔다.^{1,2} 이에 새로운 연마스틀로 자성입자와 결합제 그리고 연마입자로 이루어진 혼합물에 적당한 열을 가하여 용융

접수일: 2005년 3월 10일; 게재승인일: 2005년 8월 9일

* 창원대학교 기계공학과 대학원

** 창원기능대학 컴퓨터응용기계과

교신저자, 창원대학교 기계공학과

E-mail ygiung@changwon.ac.kr Tel. (055) 275-7505

상태로 만들고, 이를 연마하고자 하는 금형에 주입하고 자기장을 걸어 연마입자에 방향성을 갖도록 냉각시키면 MAGIC 슷돌이 완성된다.

MAGIC은 MAGnetic Intelligent Compound의 합성어로서 연삭입자, 결합제, 기공으로 구성된 일반 슷돌과 달리 연삭입자, 자성입자, 결합제로 구성되어 있다. 특히, 결합제는 50~60℃에서 녹는 물질로 연마하고자 하는 금형에 맞게 슷돌을 현장에서 제작할 수 있다. 슷돌제조과정(Fig. 1)에서 자기장의 투입은 연마 능력에 영향을 미친다. 자장이 없을 경우 자성입자와 연마입자를 고르게 분포하기 어렵지만, 자기장을 가하면 자성입자가 자기장 방향으로 배열하게 되고, 이로 인해 연마입자도 고르게 분포하게 되어 연마 능력을 향상되게 한다. 이러한 슷돌을 이용한 가공법을 MAGIC 가공이라 하며 형상이 복잡한 금형 내면의 연마나 수작업으로는 작업이 곤란한 각진 모서리부의 마무리 가공에 적합한 새로운 연마방법이다.³⁻¹⁰

MAGIC가공에 대한 연구는 자성유체와 지립을 사용한 연마가공기술이 1988년 일본의 카토, 우메하라씨에 의해 제안된 이후¹, 자장의 세기가 슷돌입자의 배열에 미치는 영향, 연마 슷돌의 경도가 연마 성능에 미치는 영향 등에 대해 활발하게 진행되어지고 있으나,³⁻¹⁰ 연마입자의 종류, 배합율과 연마 조건이 연마면 거칠기에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 연마입자의 종류와 배합 비율이 연마면 거칠기에 미치는 영향을 평가하고, 연마조건인 연마진동수, 연마진폭, 연마압력에 따른 연마면 거칠기를 분석하여, MAGIC스�돌을 이용한 연마작업의 표준화를 이루고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

본 연구에서는 MAGIC 가공을 실용화하기 위하여, 지금까지 연마하기 난해한 형상을 연마하면서 경제성이 있는 연마장치를 개발하였다. 연마장치는 동력을 발생시키는 AC 서보모터, 모터의 회전 운동을 상하직선 운동으로 바꿔 주는 캠 및 MAGIC 슷돌을 장착하는 장착부로 구성되어 있다. 개발된 연마장치의 개략도는 Fig. 2와 같으며, 설비사양은 Table 1과 같다.

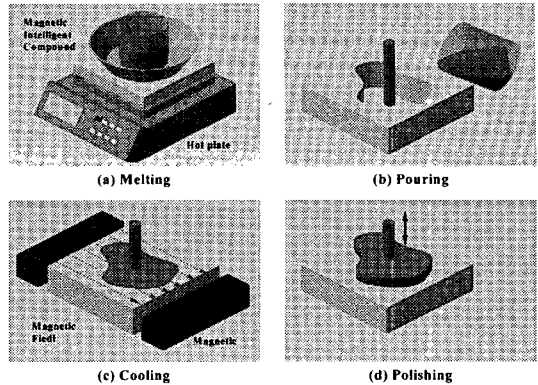


Fig. 1 Process of making MAGIC polishing tool

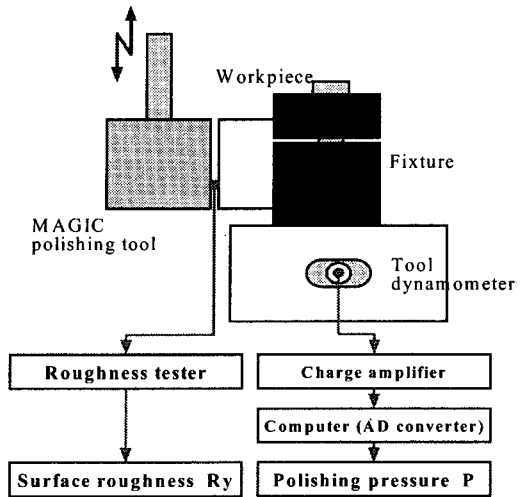


Fig. 2 Experimental setup

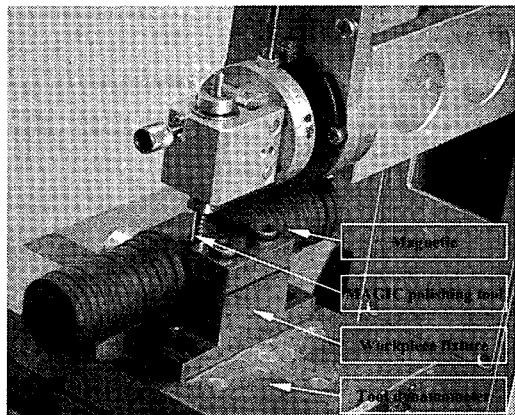


Fig. 3 Photograph of MAGIC polishing machine

2.2 실험방법

실험에 사용된 MAGIC 슷들의 입자는 GC입자와 WA입자이며, 입도는 #60, #100, #180, #320을 사용하였다. 자성결합제는 자성입자와 결합제가 7:3, 6:4로 혼합된 자성결합제를 사용하였으며, 연마입자와 자성결합제의 배합비율은 무게비로 25%, 40%, 50%로 배합된 MAGIC 슷들을 제작하여 실험하였으며, 실험조건은 Table 2에 나타내었다.

공작물은 금형재료로 많이 사용되는 STD11을 사용하였고, 공작물의 형상은 Fig. 4와 같으며, 최초 표면거칠기를 Ry 12 μ m~15 μ m로 유지하기 위하여 와이어 컷 방전가공기로 제작하였다. 연마면 거칠기는 축침식 표면거칠기를 이용하여 표면거칠기를 3회 측정하여 평균값으로 나타내었다.

Table 1 Specifications of polishing machine

| Items | Specifications |
|--------------------|------------------|
| M/C Size | 600×600×1500(mm) |
| Weight | 600(kg) |
| Main Power | 200W/AC220V60HZ |
| AC Servo motor | 0~1800(rpm) |
| Polishing pressure | 0.2~10(N) |
| Z-Axis | 150(mm) |
| Polishing Stroke | 0.5~10(mm) |

Table 2 Experimental conditions

| Items | Conditions |
|---|----------------------------|
| Workpiece | STD11 |
| Kind of grain | GC, WA |
| Grain number | #60, #100, #180, #320 |
| Magnetic grain : Binder | 7:3, 6:4 |
| Composition ratio (abrasive grain : magnetic grain, binder) | 25, 40, 50(wt, %) |
| Polishing frequency | 6.7, 10, 13.3 (Hz) |
| Polishing amplitude | 2.0, 4.0, 6.5, 9.0 (mm) |
| Polishing pressure | 2.82, 5.25, 6.98, 8.80 (N) |

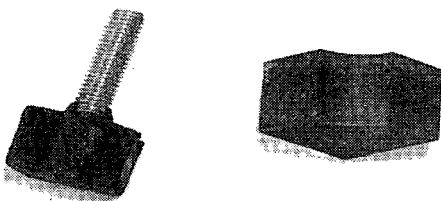


Fig. 4 Photographs of MAGIC polishing tool and workpiece

3. 드레싱 조건의 결정

3.1 드레싱 시간의 결정

연마작업 수행 시 연마입자의 마모와 탈락으로 인해 연마 슷들이 더 이상 연마작업을 수행할 수 없게 되어 연마면 거칠기의 향상을 기대할 수 없게 된다. 이때 드레싱을 실시하여 연마 슷들이 다시 연마작업을 수행할 수 있게 한다.

Fig. 5에 MAGIC 슷들 제작 직후의 슷들 표면과 드레싱 전후의 슷들표면을 현미경으로 관찰하여 나타내었다. 그림에서와 같이 드레싱후의 슷들 표면은 슷들 제작 직후와 마찬가지로 연마입자가 돌출되어 있음을 확인할 수 있다.

드레싱 시간의 결정은 연마작업을 수행하면서 더 이상 연마면의 거칠기 변화가 없을 때를 드레싱 시간으로 판단하였고 그 시간을 정한 후, 다시 새로운 연마 슷들과 공작물을 사용하여 연마하고 정해진 시간에 드레싱을 한 후 처음과 같은 방법으로 두번째 드레싱 시간을 찾아가는 방법으로 실험을 수행하였다. 정확한 드레싱 시간의 결정을 위해 변화하는 연마면 거칠기를 관찰하면서 연마면 거칠기가 일정해지는 점을 드레싱 시간으로 하였다. 이때 측정된 값을 커버피팅한 곡선의 미분값이 영(Zero)이 되는 값을 찾아 그때 시간을 드레싱 시간으로 결정하였다.

MAGIC 슷들의 최초 드레싱 시간은 연마스�들의 최초 수명을 나타내는 것으로, 각각의 연마조건에 따라 연마입자와 공작물 사이의 연마작용이 다르므로 인해 차이가 나는 값이라 하겠다. 따라서 최초

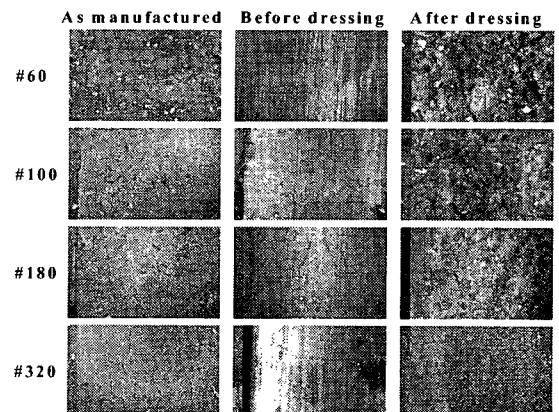


Fig. 5 Surface of MAGIC polishing tool(×10)

드레싱 시간은 연마형태 및 연마면 거칠기를 예측할 수 있는 중요한 인자라 하겠다.

Fig. 6은 GC #180, 배합률 50%에서 연마 시간에 따른 연마면 거칠기의 변화를 나타낸 그림으로, 앞에서 설명한 방법으로 드레싱 시간을 결정하여 3회 드레싱을 수행하였고, 최종 표면 거칠기는 $Ry\ 0.295\mu m$ 로 관찰되었다. 계속 실험을 수행하여 4번째 드레싱을 했지만 더 이상의 표면 거칠기 향상은 없었기 때문에 MAGIC 슷들의 수명을 3번 드레싱, 70여분의 연마시간으로 판단하였다.

3.2 드레싱오일 양의 결정

MAGIC 슷들이 연마능력을 상실하였을 때, 드레싱을 실시하면 연마작업의 연속성을 유지하여 연마능률을 최대화할 수 있다.

MAGIC 슷들의 드레싱방법은 일반 슷들과 달리 결합제를 화학적으로 녹여 연마입자를 돌출시키는 방법이다. 따라서 투입되는 드레싱오일이 소량일 경우에는 연마입자의 돌출이 부족하여 연마능력이 떨어지고, 드레싱오일의 양이 많을 경우에는 결합제가 과다하게 녹아 결합력이 약하게 되어 연마능력을 상실하게 된다. Fig. 7은 드레싱오일의 양이 과다하게 투입된 경우로 녹은 결합제가 공작물에 부착된 모습을 보여주고 있다. 따라서 연마조건에 따른 연마면 거칠기를 고찰하기 전에 드레싱오일의 양을 먼저 결정할 필요가 있다.

Fig. 8은 드레싱오일의 양을 4종류로 투여한 경우에 연마시간에 따른 연마면 거칠기를 나타낸 그림이다. 드레싱은 슷들의 연마 능력이 저하되는 경우(연마면 거칠기의 변화가 없다가 판단되는 경우)에 드레싱오일을 투여하여 실시하였으며, 투여된 드레싱오일의 양은 드레싱오일 투여 전후의 슷들 무게를 측정하여 얻었다. 그림에서 보는바와 같이 드레싱오일의 양을 $0.71 \times 10^{-4} (g/mm^2)$ (●)으로 한 경우는 슷들입자의 글레이징현상이 해소되지 않음으로 해서 드레싱 효과가 거의 없어 표면 거칠기의 향상을 기대할 수 없는 반면, 드레싱오일의 양이 $2.14 \times 10^{-4} (g/mm^2)$ (□)은 드레싱 후에 약간의 연마면 거칠기 향상이 보이지만 슷들 입자의 과도한 탈락에 기인하여 연마면 거칠기의 향상을 기대하기 어려웠다. 드레싱오일의 양이 $1.00 \times 10^{-4} (g/mm^2)$ (○), $1.42 \times 10^{-4} (g/mm^2)$ (■)인 경우에 연마면 거칠기의 향상이 우수하였다.

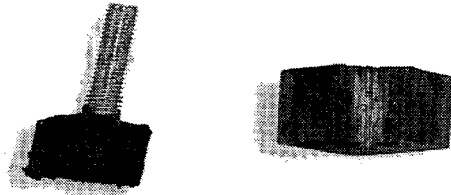


Fig. 7 Photographs of MAGIC polishing tool and workpiece given too much dressing oil amount

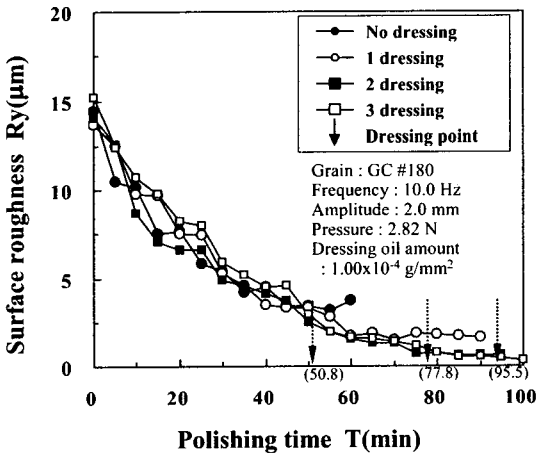


Fig. 6 Determination of dressing time

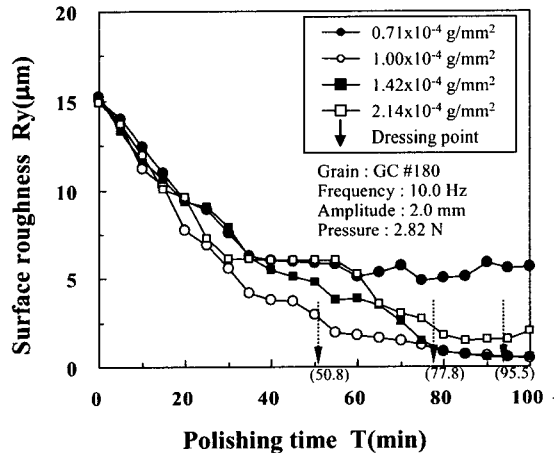


Fig. 8 Determination of dressing oil amount

따라서 최적의 드레싱오일의 양은 $1.00 \times 10^{-4}(\text{g}/\text{mm}^2) \sim 1.42 \times 10^{-4}(\text{g}/\text{mm}^2)$ 사이에 있는 것으로 판단되며, 이후 연마실험에 드레싱오일의 양을 $1.00 \times 10^{-4}(\text{g}/\text{mm}^2)$ 로 하여 연마실험을 수행하였다.

4. 슷돌조건과 연마면 거칠기

4.1 입자종류의 영향

강의 연마작업에 일반적으로 사용되는 WA입자와 GC입자로 MAGIC스틀을 제작하여, 입자의 종류에 따른 연마면 거칠기를 관찰하여 MAGIC가공에 적합한 연마입자를 결정하고자 한다.

Table 3은 배합비율 50%, 연마진동수 10.0Hz, 연마진폭 2.0mm, 연마압력 2.82N으로 연마작업을 수행했을 경우, 입자의 종류에 따른 최초 드레싱 시간을 나타낸 표이다. 최초 드레싱 시간은 3.1절에서 설명한 드레싱 시간 결정방법으로 구하였고, Table 3에서 보는바와 같이 GC입자에 비해 WA입자로 제작된 MAGIC 슷돌의 최초 드레싱 시간이 짧은 것은 WA입자가 GC입자에 비해 경도가 낮기 때문에 쉽게 마모되어 눈무딴현상(Glazing)이 발생하기 때문이다. 최초 드레싱 시간은 연마스틀의 최초 수명을 나타내는 것으로 WA입자가 GC입자에 비해 수명이 아주 짧다는 것을 보여주며 이는 WA, GC 입자 특성에 따라 경도가 높은 금속(HRC60)의 MAGIC 연마 작업에 WA입자의 적용은 부적합한 것으로 판단된다.

Fig. 9의 (a)는 입도 #180인 WA 및 GC 입자로 연마스틀을 제작하여 연마 작업을 수행하였을 경우 연마 시간에 대한 연마면 거칠기와의 관계를 나타낸 그림이다. 연마 작업 초기에는 WA 입자로 제작된 MAGIC 슷돌의 연마면 거칠기의 향상이 크게 나타나지만, 연마시간이 30분을 경과하면서 더 이상의 연마면 거칠기의 향상을 보여주지 못했다. 반면 GC 입자로 제작된 MAGIC 슷돌은 연마시간의 증가와 함께 연마면 거칠기의 향상을 보여주었다. Fig. 9의 (b)는 입도 #320인 WA와 GC입자를 사용하여 MAGIC 슷돌을 제작하여 그림(a)와 동일한 조건으로 연마작업을 수행했을 때의 결과로 Fig. 9(a)와 유사한 경향을 보여주고 있다. 따라서 최초 드레싱 시간과 연마면 거칠기를 관찰한 결과 STD11(HRC60)를 MAGIC 슷돌로 연마할 경우, WA입자에 비해 경도가 높은 GC입자로 연마하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

Table 3 First dressing time for various kinds of grain

| Grain size | Kind of grain | First dressing time(min) |
|------------|---------------|--------------------------|
| #60 | WA | 9.7 |
| | GC | 48.4 |
| #100 | WA | 24.2 |
| | GC | 47.5 |
| #180 | WA | 11.7 |
| | GC | 50.9 |
| #320 | WA | 9.8 |
| | GC | 31.3 |

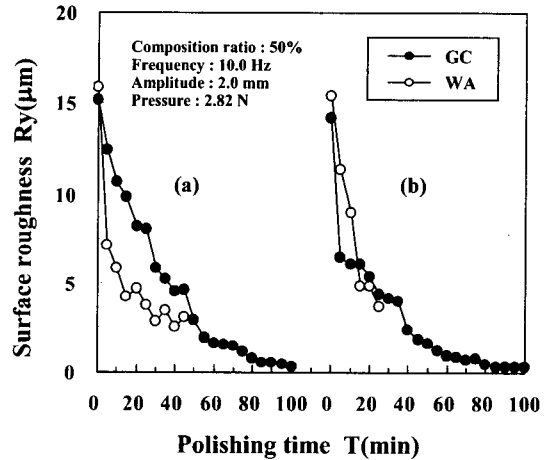


Fig. 9 Comparing with polishing efficiency of the GC and WA grain, (a)Grain size #180, (b)Grain size #320

4.2 입자크기의 영향

일반적으로 연마입자가 고울수록 눈무딴현상이 쉽게 발생되어 슷돌의 연마성능은 빨리 상실하지만 연마면 거칠기는 오히려 우수하다. MAGIC 슷돌에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있었으며, Table 4에서 입자크기별 최초드레싱 시간을 보게 되면 입자가 클수록 최초 드레싱 시간이 짧은 것을 알 수 있다.

Fig. 10의 (a)는 WA입자를 입도 #60, #100, #180, #320으로 배합비율 50%로 MAGIC 슷돌을 제작하여 입도에 따른 연마시간과 연마면 거칠기를 나타낸 그림이다. 그림에서 보는바와 같이 입자 크기에 따른 연마면 거칠기와 연마시간의 영향은 찾

아보기 어려웠다. 이는 WA입자의 경도가 낮기 때문인 것으로 생각된다. 한편, 입도 #180의 경우 짧은 연마시간에 Ry 2.5 μ m내외의 연마면 거칠기를 얻을 수 있었다.

Fig. 10의 (b)는 GC입자로 그림(a)와 동일한 조건으로 실험한 결과로, 입자가 고울수록 좋은 연마면 거칠기를 얻을 수 있었으며, 특히 입도 #320의 경우는 최종 연마시간도 짧았는데, 이는 연마에 관여하는 입자의 수가 많기 때문인 것으로 생각된다.

따라서 우수한 연마면 거칠기를 얻기 위해서는 고운입자로 연마하는 것이 효과적이다.

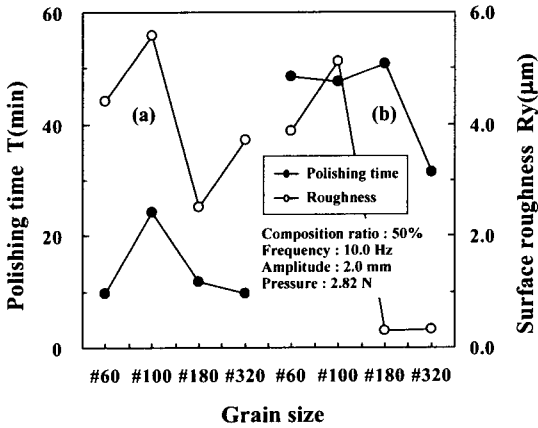


Fig. 10 Polishing time and surface roughness according to grain size, (a)WA, (b)GC

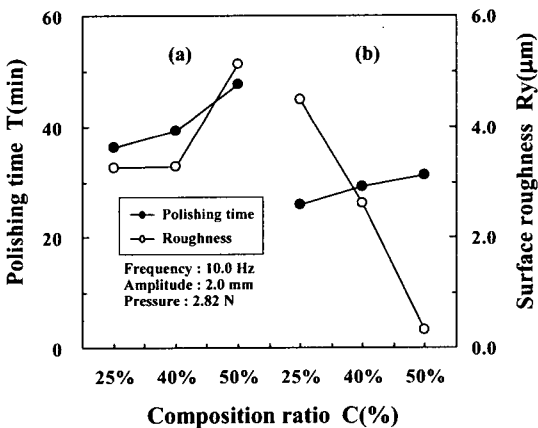


Fig. 11 Polishing time and surface roughness according to composition ratio, (a)#100, (b)#320

4.3 배합비율의 영향

배합비율이 크면 공작물과 접촉하는 입자의 수가 많으므로 연마시간도 단축되고 입자의 연마성능도 길 것이다. Table 4는 배합비율에 따른 최초 드레싱 시간을 나타낸 표이다. 표에서 배합비율이 클수록 최초 드레싱시간이 크며, 이는 공작물과 접촉하는 입자의 수가 많기 때문이다. 입도 #60에서 25%의 경우는 연마에 관여하는 입자가 적어 연마가 되지 않았다.

Fig. 11의 (a)는 입도 #100인 GC입자에 대한 배합비율에 따른 연마시간과 연마면 거칠기를 나타낸 그림으로, 배합비율이 클수록 연마시간은 길었지만 연마면 거칠기는 안 좋게 나타났다. 이는 입자크기가 너무 커 연마입자가 연마스크래치를 만들기 때문에 일정 표면거칠기 이상의 거칠기향상은 불가능하였다. 반면, 입도 #320으로 실험한 Fig. 11(b)는 입자크기가 작아 좋은 연마면을 생성할 수 있었으며 배합비율이 클수록 연마에 작용하는 연마입자도 많기 때문에 연마시간도 단축되었다.

따라서 MAGIC 슷들로 우수한 연마면 거칠기를 얻기 위해서는 고운 연마입자로 배합비율이 큰 MAGIC 슷들을 제작하여 연마하는 것이 효과적이다.

Table 4 First dressing time for composition ratio

| Grain size | Composition ratio(wt, %) | First dressing time(min) |
|------------|--------------------------|--------------------------|
| #60 | 25% | - |
| | 40% | 37.3 |
| | 50% | 48.4 |
| #100 | 25% | 36.3 |
| | 40% | 39.3 |
| | 50% | 47.5 |
| #180 | 25% | 33.0 |
| | 40% | 29.4 |
| | 50% | 50.9 |
| #320 | 25% | 25.9 |
| | 40% | 29.3 |
| | 50% | 31.3 |

5. 연마조건과 연마면 거칠기

5.1 연마진동수의 영향

MAGIC 연마기에서 MAGIC 슷들은 상하로 움직이면서 공작물을 연마하게 되는데, MAGIC 슷들의 상하운동은 모터의 회전운동을 주축부의 CAM을 이용하여 직선운동으로 변환하여 얻게 된다.

MAGIC 슷들의 연마진동수에 따른 연마면 거칠기에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 연마진동수를 6.7, 10.0, 13.3Hz로 하여 연마실험을 수행한 하였다. Table 5는 연마 진동수에 따른 최초 드레싱 시

Table 5 First dressing time for polishing frequency

| Grain size | Polishing frequency(Hz) | First dressing time(min) |
|------------|-------------------------|--------------------------|
| #60 | 6.7 | 6.03 |
| | 10.0 | 3.71 |
| | 13.3 | 4.01 |
| #100 | 6.7 | 31.91 |
| | 10.0 | 21.12 |
| | 13.3 | 11.92 |
| #180 | 6.7 | 9.43 |
| | 10.0 | 9.16 |
| | 13.3 | 21.56 |
| #320 | 6.7 | 17.04 |
| | 10.0 | 12.92 |
| | 13.3 | 10.41 |

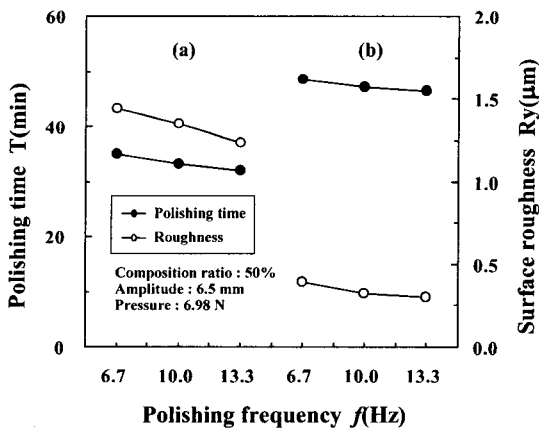


Fig. 12 Polishing time and surface roughness according to polishing frequency, (a)#100, (b)#320

간(First dressing time)을 나타낸 것으로, 연마 진동수가 클수록 최초 드레싱 시간에 빨리 도달하는 경향을 보여주며, 이는 단위시간당 연마량이 많기 때문에 당연한 결과라 하겠다. 그리고 GC #60의 경우는 입자의 크기로 인해 한 개의 입자에 작용하는 연마력이 크기 때문에 입자가 탈락(Shedding)하여 최초 드레싱 시간에 빨리 도달하는 것으로 생각된다.

MAGIC 슷들의 결합제는 60~70℃에서 녹는 물질이므로, 연마진동수가 빠르면 연마열에 의해 녹을 수 있다. 연마진동수를 16.7Hz로 연마할 경우에는 공작물표면에 MAGIC 슷들의 결합제가 용착되는 현상이 발생하여 연마작업을 수행할 수 없었다.

일반 슷들의 경우, 연마속도가 클수록 양호한 연마면 거칠기를 얻게 되는데, MAGIC 슷들의 경우도 같은 결과를 나타내었다. Fig. 12(a)는 GC #100 입자를 배합을 50%로 만든 MAGIC 슷들을 진폭 6.5mm, 연마압력 6.98N일때, 연마진동수에 따른 연마시간과 연마면 거칠기를 나타낸 그림으로, 연마진동수가 클수록 좋은 연마면 거칠기를 얻을 뿐 아니라, 연마시간도 단축된다는 것을 보여주고 있다.

Fig. 12(b)는 GC #320입자로 실험한 결과로 GC #100입자와 같은 경향을 보여주고 있으며, 연마면 거칠기는 GC #100입자에 비해 더 좋은 것으로 나타났다.

5.2 연마진폭의 영향

MAGIC 가공에서 연마진동수를 일정하게 두고 진폭을 크게 하면 슷들의 연마속도도 커지고, 또한 슷들과 공작물이 접촉하는 접촉길어도 커지게 된다. 따라서 진폭을 크게 하면 양호한 연마면 거칠기를 얻을 수 있고, 연마시간도 단축될거라 생각된다. 진폭의 변화는 CAM부에 편심슬라이드를 추가하여 편심의 양을 조절함으로써 진폭을 변화시킬 수 있도록 하였으며, 진폭의 크기는 하이트게이지를 사용하여 크기를 측정하였다.

Table 6은 진폭에 따른 최초 드레싱 시간을 나타낸 것으로, 진폭의 변화에 따라 최초 드레싱 시간은 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

Fig. 13(a)는 연마입자 GC #100을 50%의 배합비율로 만든 MAGIC 슷들을 연마진동수 13.3Hz, 연마압력 6.98N 하에서 연마진폭을 달리하여 실험한 결과를 나타낸 그림으로, 연마진폭이 클수록 좋은 연마면 거칠기를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. 연

마입자 GC #320을 사용한 결과는 Fig.13(b)와 같으며, 그림에서 보는바와 같이 연마진폭이 클수록 좋은 연마면 거칠기를 얻을 뿐만 아니라, 연마시간도 단축됨을 알 수 있다. 그러나 공작물과 슷들의 두께가 각각 10mm이기 때문에 진폭을 크게 하는 것은 한계가 있으며, GC #320의 경우, 진폭 9.0mm로 가공할 때, 진동이 발생하는 등 진폭을 크게 하면 오히려 연마면 거칠기에 안 좋은 영향을 줄 것으로 생각된다.

Table 6 First dressing time for polishing amplitude

| Grain size | Polishing amplitude(mm) | First dressing time(min) |
|------------|-------------------------|--------------------------|
| #60 | 4.0 | 10.26 |
| | 6.5 | 4.01 |
| | 9.0 | 12.37 |
| #100 | 4.0 | 19.26 |
| | 6.5 | 11.92 |
| | 9.0 | 18.25 |
| #180 | 4.0 | 21.38 |
| | 6.5 | 21.56 |
| | 9.0 | 24.84 |
| #320 | 4.0 | 19.46 |
| | 6.5 | 10.41 |
| | 9.0 | 16.09 |

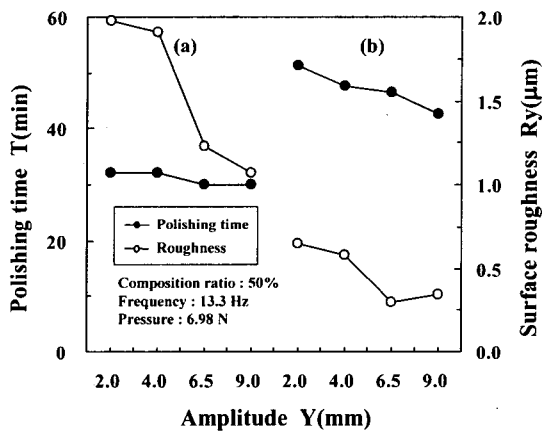


Fig. 13 Polishing time and surface roughness according to polishing amplitude, (a)#100, (b)#320

5.3 연마압력의 영향

MAGIC 슷들이 공작물에 작용하는 연마압력은 공구동력계(Tool dynamometer)를 사용하여 측정하였고, 연마압력의 변화는 주축내부에 예압용 스프링을 교환하면 바뀌게 된다. Fig.14는 정적 연마압력이 2.82N일 때, MAGIC 슷들이 정지상태에서 상하로 움직이며 연마할 때의 연마압력 변화를 나타낸 그림이다. 각각의 연마입자가 공작물을 파고들면서 연마하므로, 정적 압력에 비해 동적 압력이 상당히 크게 나타나는 것으로 생각된다. 연마압력에 따른 최초 드레싱 시간은 Table 7에 나타내었다. 표에서 연마압력이 클수록 최초 드레싱 시간에 빨리 도달하는 경향이 보여주며, 이는 연마압력이 높을수록 연마입자의 연마능력이 커져서, 입자의 마모와 눈때움현상>Loading)이 쉽게 일어나기 때문이라 생각된다.

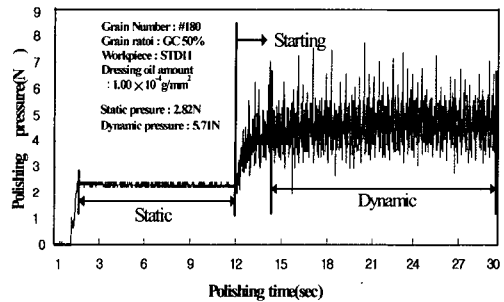


Fig. 14 Measuring of polishing pressure

Table 7 First dressing time for polishing pressure

| Grain size | Polishing pressure(N) | First dressing time(min) |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| #60 | 5.25 | 23.06 |
| | 6.98 | 4.01 |
| | 8.80 | 9.32 |
| #100 | 5.25 | 18.55 |
| | 6.98 | 11.92 |
| | 8.80 | 12.22 |
| #180 | 5.25 | 12.27 |
| | 6.98 | 21.56 |
| | 8.80 | 18.18 |
| #320 | 5.25 | 19.54 |
| | 6.98 | 10.41 |
| | 8.80 | 11.71 |

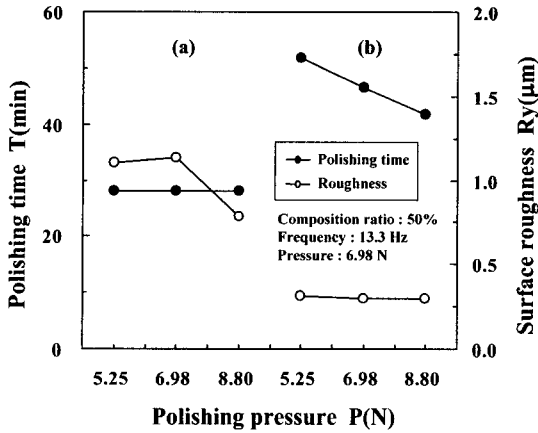


Fig. 15 Polishing time and surface roughness according to polishing pressure, (a)#100, (b)#320

Fig. 15(a)는 GC #100입자를 50%의 배합비율로 만든 MAGIC 슷돌을 연마진동수 13.3Hz, 진폭 6.5mm일 때, 연마압력에 따른 연마시간과 연마면 거칠기를 나타낸 그림이다. 그림과 같이 일정한 연마시간으로 연마하더라도 연마압력 8.80N으로 연마한 경우가 좋은 연마면 거칠기를 나타내었다. Fig. 15(b)는 GC #320입자의 MAGIC 슷돌로 연마한 결과로 연마압력에 상관없이 최종 연마면 거칠기는 동일하나 연마시간은 압력이 높을수록 단축됨을 보여주고 있다. 이와같이 연마압력이 크면 연마면 거칠기가 우수하거나, 연마시간을 단축되는 등 효율적으로 연마되는 것으로 나타났다.

6. 결론

Magic 슷돌에 의한 연마작업의 표준화를 위해서 연마입자의 종류와 배합비율이 연마면 거칠기에 미치는 영향을 고찰하고, 연마조건이 연마면에 미치는 영향에 대해, 연마진동수, 연마진폭, 연마압력의 변화에 따른 연마면 거칠기를 측정된 결과, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 본 실험조건에서 최적 드레싱오일(Dressing oil)의 양은 $1.00 \times 10^{-4} (g/mm^2) \sim 1.42 \times 10^{-4} (g/mm^2)$ 사이에 존재하는 것으로 나타났다.
2. 본 실험에 사용된 STD11재질의 연마는 WA입자보다는 GC입자로 제작된 MAGIC 슷돌로 연마하는 것이 적합한 것으로 나타났다.

3. 배합비율에 대한 연마결과는, 자성입자와 연마입자 배합 비율이 50%일 때 입도 #180, #360에서 좋은 연마면 거칠기를 얻었고 드레싱 시간(First dressing time) 또한 길게 나타났다.
4. 연마입자의 크기에 따른 연마결과는, 입도 #60, #100은 입자가 너무 커 눈빠짐 현상으로 연마면 거칠기가 불량하며, 입도 #180, #320의 경우는 정상적인 로딩에 의해 드레싱 시간에 도달하는 것으로 판단되며 연마에 적합하다.
5. 연마조건에 따른 연마결과는, 연마진동수는 13.3Hz일 때 연마면의 최종 표면 거칠기가 가장 우수하였고, 진폭은 6.5mm일 때 가장 우수한 연마면 거칠기를 얻었으며, 압력은 높을수록 최종 연마까지의 시간이 줄어들고, 연마면 거칠기가 우수하였다.

후기

본 연구는 지식기반기계 부품·소재 연구개발 클러스터사업단의 지원 및 2003년도 창원대학교 연구비의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Umehara, N., Shibata, I. and Edamura, K., "New Polishing Method with Magnetic Congelation Liquid," Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 10, August, pp. 620-623, 1999.
2. Umehara, N., "Possibility of a New Finishing Method with Well-Arrange Micro-Asperity Arrays(A Well-Arranged Micro-Asperity Arrays by Anisotropic Etching and a MAGIC Tool)," J. of JSAT, Vol. 45, No. 6, pp. 283-287, 2001.
3. Umehara, N., Hagiwara, S., Shibata, I. and Edamura, K., "Development and Application of MAGIC Tool(First Report, Principle of the Manufacturing Process with MAGnetic Intelligent Compound Grinding Tools and its Polishing characteristics," ABTEC2000, pp. 53-58.
4. Hagiwara, S., Umehara, N., Kawashima, N., Jung, Y.G. and Shibata, I., "Development and Application of MAGIC Polishing Tool(9TH Report,

- Grain Distribution Control and Polishing Characteristics based on the Magnetic Field Application," ABTEC2002, pp. 111-112.
5. Kim, N.W., Beak, J.H., Lee, S.T. and Jung, Y.G., "Influence of Wheel Elements Composition Rate on Polished Surface Roughness," Proceedings of the KSMTE fall conference 2002, pp. 319-323.
 6. Beak, J.H., Lee, S.T., Kim, N.W. and Jung, Y.G., "Standardization of polishing work by MAGIC wheel(Influence of composition ratio and kind of polishing grain on polishing surface roughness)," Proceedings of the KSMTE fall conference 2003, pp. 318-323.
 7. Jung, Y.G., Kim, N.W., Moon, B.J., Shibata, I., Umehara, N., Kawasima, N. and Hagiwara, S., "Development and Application of MAGIC Polishing Tool(10TH Report, Influence of Various Composition Ratio on Surface Roughness," ABTEC2002, pp. 113-114.
 8. Kawashima, N., Umehara, N., Hagiwara S., Jung, Y.G. and Shibata, I., "Development and Application of MAGIC Polishing Tool(11TH Report, Effect of Binder Resin on the Polishing Characteristics of Magnetic Polishing Tool," ABTEC2002, pp. 115-116.
 9. Shibata, I., Umehara, N., Hagiwara, S., Kawasima, N. and Jung, Y.G., "Development and Application of MAGIC Polishing Tool(12TH Report, Production and Useful Valuation of Sheet Polishing Tool," ABTEC2002, pp. 117-118.
 10. Kim, Y.D., Cho, J.R., Lee, S.T. and Jung, Y.G., "Influence of Polishing Conditions on Polishing Surface Roughness by MAGIC Polishing," Proceedings of the KSMPE autumn conference 2004, pp. 72-77.