

MAGIC 슷들에 의한 연마작업의 표준화 (연마입자의 종류와 배합율이 연마면 조도에 미치는 영향)

백종훈* 이상태⁺, 김남우⁺⁺, 정윤교⁺⁺⁺

Standardization of polishing work by MAGIC wheel (Influence of composition ratio and kind of polishing grain on polishing surface roughness)

JongHun Baek*, SangTae Lee⁺, NamWoo Kim⁺⁺, YoonGyo Jung⁺⁺⁺

Abstract

In order to polish complicated shaped inner surfaces of molds, a new polishing method with congelation liquid was invented. The MAGIC (MAGnetic Intelligent Compound) Polishing is the best method, a countermeasure of polishing trouble that is reduce of productivity and instability of quality. But, because MAGIC polishing is new polishing method, there is no study of the standardization of polishing by MAGIC wheel yet. So we want to standadize MAGIC polishing condition. For the First time, we will evaluate the influence of composition ratio and kind of polishing grain in polishing surface roughness. In this study, we determined amount of dressing oil and dressing point as kind and composition ratio of polishing grain. we compared surface roughness case by case.

Key Work : MAGIC, Standzrdization, surface roughness

1. 서론

1895년 미국 카보란담(Carborundum)회사에서 탄화규소질 연삭재(Silicon Carbide)를 제조한 이후, 연마 가공은 철강, 조선, 기계, 항공 우주분야까지 발전, 사용되어오고 있으나 최근 산업발전이 가속화 되고 수요자의 요구가 다양화, 고급화 됨에 따라 단납기에 의한 생산기간 단축, 고품질에 의한 경쟁력 향상, 인건비 감축 등의 특징을 만족시킬수 있는 새로운 연마 방법이 요구 되고 있다.

MAGIC(MAGnetic Intelligent Compound)스틀을 이용한 새로운 연마법⁽¹⁻⁶⁾은 이러한 수요자의 요구를 해결할 수 있는 우수한 방안으로서 각광을 받고 있으며 연마성능에 영향을 미치는 연마압력, 주파수, 이송거리, 슷물구성요소의 배합률 Dressing time, 슷물수명 등의 가공조건과 표면거칠기와의 상관관계를 분석, 규명 한다면 경제적인 이점과 가공능률의 향상, 고정밀도를 요구하는 산업분야에 기여할 수 있을 것이다.

자성유체와 지립을 사용한 연마가공기술이 1988년 카토, 우메하라씨에 의해 제안된 이후⁽⁶⁾ MAGIC 슷들의 제작에 있어서 자장의 세기가 슷물입자의 배열에 미치는 영향⁽³⁾, 연마 슷들의 경도가 연마 성능에 미치는 영향⁽²⁾, 자동 연마방법 등에 대한 연구가 수행되어 왔고⁽⁴⁾, 최근 3차원 자동 연마장치(MAGIC 연마기)의 실용화를 위한 연구가 활발하게 진행되어 지고 있으나 MAGIC 슷들은 그 자체가 새롭기 때문에 구성요소간의 원료 배합비율 및 종류에 따른 연마 성능에 미치는 영향에 대해서는 아직 연구 되어진 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 MAGIC 슷물 구성 요소의 종류 및 배합 비율 상이에 따른 연마특성을 연마 작업 수행 후의 표면 조도 비교를 통하여 분석하였고, MAGIC 연마입자 종류의 배합률이 연마면 조도에 미치는 영향을 규명하는 것을 목적으로 하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

연구의 수행을 위해서 자동연마를 하기 위한 탁상형 MAGIC 연마기를 개발⁽⁷⁾하였고, Fig. 1에 본 실험에 사용되어진 연마기의 장치 개요도를 나타내었다. 개발되어진 MAGIC 연마기의 사양은 Table 1과 같다.

* 창원대학교 기계공학과
+ 창원기능대학
++ 창원대학교 기계공학과
+++ 창원대학교

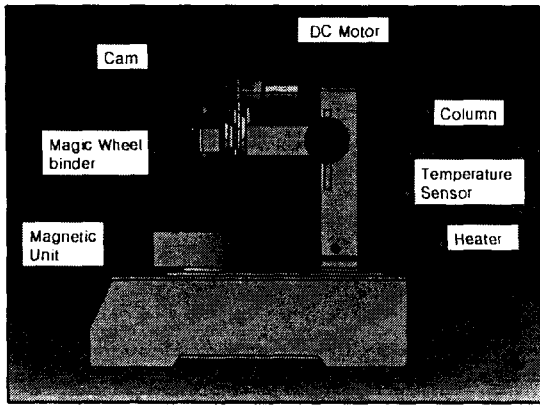


Fig. 1 Drawing of appearance

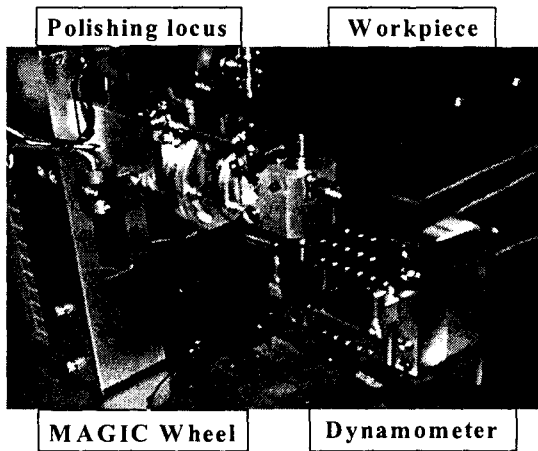


Fig. 2 Photograph of MAGIC polishing machine and measuring the polishing pressure

표에서 보는바와같이 실험에 사용된 연마기는 소형이라 운반이 용이하며, 정적상태에서의 연마압력은 2.82N이다. MAGIC 슷들을 사용한 연마작업 수행시 연마입자의 종류와 배합률의 상이에 따른 연마면 조도의 영향을 관찰하기 위하여 연마입자의 종류와 그 배합을 다르게 하여 연마스�들을 제작후 실험을 수행하였다. 이때 사용되어진 연마입자와 그 배합률을 Table 2에 정리하였다. 실험에 사용된 Workpiece는 STD11종으로 이는 STD11종이 금형강으로 많이 사용되기 때문이며, 높은 경도에서의 연마특성을 관찰하기 위하여 열처리하여 H_{RC}60으로 제작하고 Wirecutting을 사용하여 최초 표면조도는 13 μ m~15 μ m으로 일정하게 하였다. 연마입자의 종류는 연삭에 널리 사용되고 있는 GC와 WA를 사용하였고, 각 입자의 입도는 #60, #100, #180, #360을 사용하였다. 또한 연

마스�들을 결합제와 자성입자가 7:3으로 혼합된 자성 유체와 각각 25%, 40%, 50%, 57%의 무게비를 가지는 연마입자를 혼합하여 제작되었다.

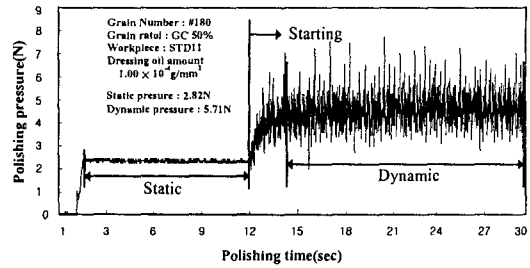


Fig 3 Masuring of polishing pressure

Table 1 Specification of polishing machine

Item	Specification
Size	350 × 220 × 500(mm)
Weight	15kg
Polishing pressure	Static pressure : 2.82N
Stroke	0.5 ~ 3 mm
Frequency	10Hz

Table 2 Experiment conditions

Workpiece	STD 11
Grain number	#60, #100, #180, #360
Magnetic grain : Binder	7 : 3
Kind of Grain	GC, WA
Composition ratio (Polishing grain : Magnetic grain, Binder)	25%, 40%, 50%, 57%

Fig. 2에는 MAGIC 연마기의 형상을 사진으로 보여주고 있는데 실험중 Dynamometer를 사용하여 연마압력의 변화를 관찰함으로써 연마작업 수행의 안정성을 확인하였다. Fig. 3에 GC입자, 입도 #180, 배합률 50% 일때의 연마압력 변화를 보여주고 있다.

3. Dressing 조건의 결정

3.1 Dressing oil양의 결정

연마작업 수행시 연마입자의 탈락과 Loading으로 인해 연마스�들이 더 이상 연마작업을 수행할수 없게 되어 표면조도의 향상이 없게 된다. 이때 Dressing을

실시하여 연마숫돌이 다시 연마작업을 수행할수 있게 하는데, Fig. 4에 MAGIC 숫돌 제작 직후의 숫돌표면과 Loading 이후의 표면 및 Dressing 후의 숫돌표면을 현미경으로 관찰하여 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 Dressing 후의 숫돌표면은 숫돌제작 직후와 마찬가지로 연마입자가 돌출되어 있음을 확인할수 있다.



Fig. 4 Magic wheel #100 6g(×100)

MAGIC 숫돌의 Dressing 방법은 일반 연삭과 달리 결합제를 화학적용 녹여 Fig. 4와 같이 연마입자가 돌출되어 연마가 가능하게 만든다. 이런 MAGIC 숫돌의 Dressing 특성 때문에 투입되는 Dressing oil이 소량일 경우에는 연마입자의 돌출이 부족하여 MAGIC 숫돌의 제작 직후와 비교하여 연마능력이 떨어지고, Dressing oil의 양이 많은 경우에는 결합제가 과다하게 녹아내려 MAGIC 숫돌은 연마력을 상실하게 된다.

Right amount sample Too much amount sample

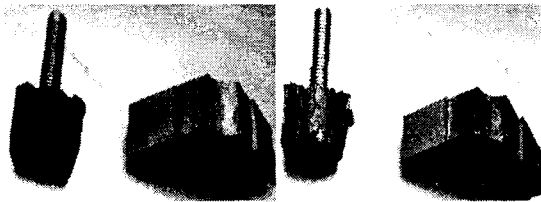


Fig. 5 Difference of dressing oil amount

Fig. 5에 Dressing oil의 양이 적당한 경우와 과다한 경우에 MAGIC 숫돌을 비교하였다. Dressing oil의 양이 과다할 경우 많은 양의 결합제가 녹아 Workpiece에 묻어있음을 확인할수 있다. 따라서 본 연구의 수행을 위해서 먼저 Dressing oil양을 결정하였다.

Fig. 6에 GC입자, 입도 #180, 자성입자의 혼합액에 대한 숫돌입자의 혼합비를 50%로 하여 연마를 수행하였을때, Dressing oil 양의 차이에 따른 연마면의 표면거칠기(Ry)의 변화를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 연마작업 수행중 연마능력이 떨어지는 경

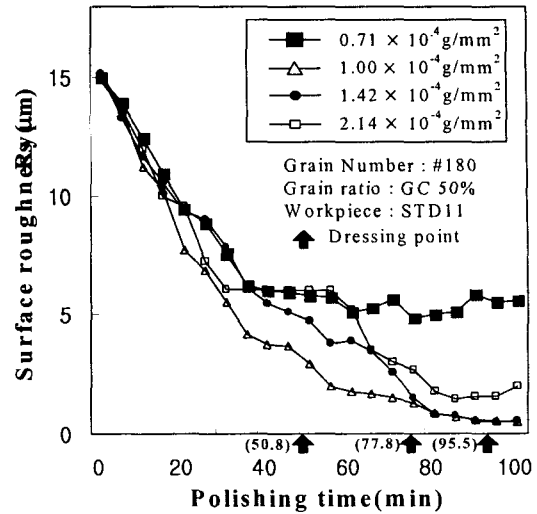


Fig. 6 Determination of dressing oil amount

우(표면조도의 변화가 없다고 판단되는 경우) Dressing을 수행하였는데 Dressing oil의 양을 4종류로 구분 하였다. Dressing oil양은 연마숫돌의 표면에 Dressing oil을 공급했을때와 공급하지 않았을때의 숫돌 무게를 비교함으로써 측정하였다. Dressing oil양을 아주 작게 한 경우($0.71 \times 10^{-4} \text{g/mm}^2$), 숫돌입자의 눈막힘과 Glazing 현상이 해소되지 않음으로 해서 Dressing효과가 거의 없어 표면조도의 향상을 기대할수 없었다. 반면, Dressing oil양이 과대한 경우($2.14 \times 10^{-4} \text{g/mm}^2$)는 Dressing후에 약간의 연마면 향상이 보이는 하지만 숫돌입자의 과도한 탈락에 기인하여 연마면의 큰 향상을 기대하기 어려웠다. Dressing oil양이 적정한 경우($1.00 \times 10^{-4} \text{g/mm}^2$, $1.42 \times 10^{-4} \text{g/mm}^2$), 그림의 \triangle , \bullet 표시에서 나타나는 바와 같이 각각의 Dressing 실시후 연마면 조도의 향상을 확인하였다. 따라서 적당한 Dressing oil의 양은 $1.00 \times 10^{-4} \text{g/mm}^2 \sim 1.42 \times 10^{-4} \text{g/mm}^2$ 로 결정하였다.

3.2 Dressing time의 결정

Dressing oil양의 결정과 함께 실험조건(Table 2)에 나타난 입자의 종류, 입자의 크기, 배합률에 따른 Dressing time을 결정하였다. 이는 Dressing이 필요한 때 Dressing oil을 공급해 줌으로써 연마작업수행의 연속성을 유지하여 연마능률을 최대화하기 위함이다.

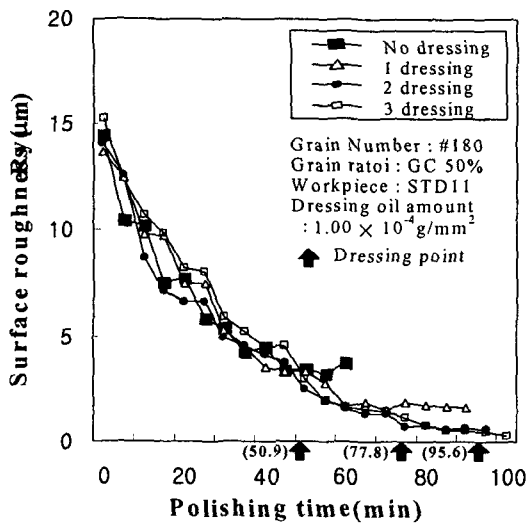


Fig. 7 Determination of dressing time

Dressing time의 결정은 연마작업을 수행하면서 더 이상의 표면조도 변화가 없을때를 Dressing 시기로 판단하고 그 시간을 정한 후, 다시 새로운 연마숫돌과 Workpiece를 사용하여 연마하고 정해진 시간에 Dressing을 한후 처음과 같은 방법으로 두 번째 Dressing time을 찾아가는 방법으로 실험을 수행하였다. 이때 정확한 Dressing time을 결정하기 위하여 변화하는 표면조도를 관찰하면서 표면조도가 일정해지는 점을 Dressing time으로 하였다. 이때 측정된 값을 Curve fitting한 곡선의 미분값이 0이 되는 값을 찾아 그때 시간을 Dressing time으로 하였다.

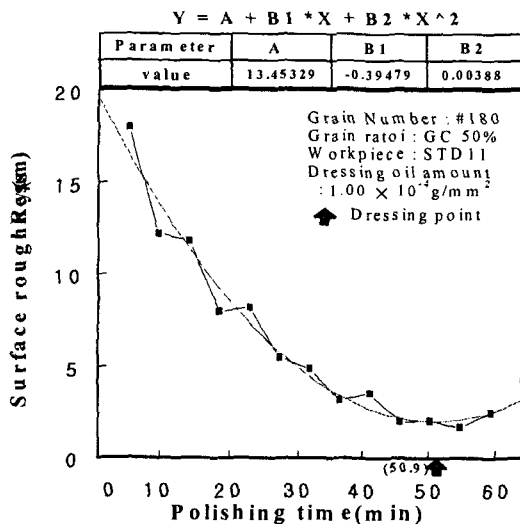


Fig. 8 Determination of dressing time by curve fitting

Fig. 7은 GC입자, 입도#180, 배합률 50%에서 연마시간의 증가에 따른 표면조도의 변화를 나타내었고, 그림에 나타난 Dressing point는 Fig. 8과 같이 측정된 값을 Curve fitting하여 Dressing time을 산출하여 결정하였다. Fig. 7에서 보는바와같이 3회의 Dressing을 수행하였고, 최종표면조도는 Ry 0.295 μ m로 관찰되었다. 계속 실험을 수행하여 4번째 Dressing을 했지만 더 이상의 표면조도 향상은 없었기 때문에 MAGIC 숫돌의 수명을 3번 Dressing, 100여분의 연마시간으로 판단하였다. 본 연구의 각 실험조건(Table 2)에 따른 First dressing time을 정리하여 Table 3에 나타내었다.

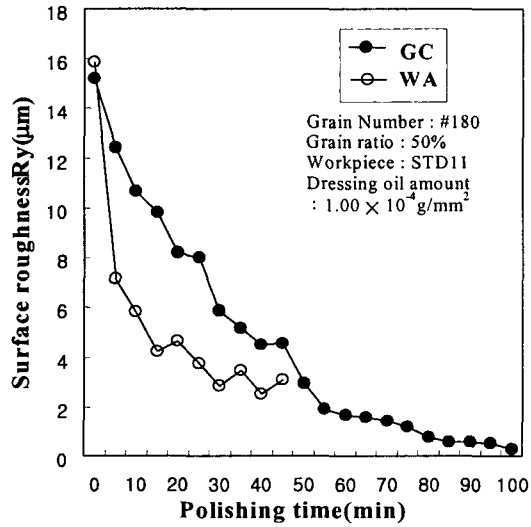
Table 3 First Dressing time

Grain Number	Composition ratio(%)	Kind of grain	First dressing time(min)
#60	40%	WA	10.2
		GC	37.3
	50%	WA	9.7
		GC	48.4
#100	25%	WA	7.5
		GC	36.3
	40%	WA	22.3
		GC	39.3
	50%	WA	24.2
		GC	47.5
#180	25%	WA	13.6
		GC	33.0
	40%	WA	11.2
		GC	29.4
	50%	WA	11.7
		GC	50.9
#360	25%	WA	15.1
		GC	25.9
	40%	WA	11.9
		GC	29.3
	50%	WA	9.8
		GC	31.3

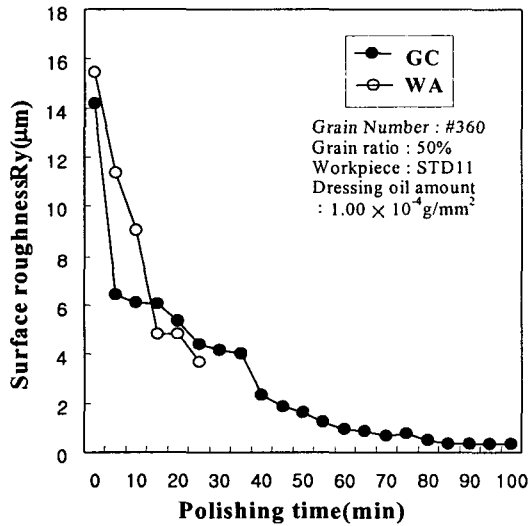
표에서 보는바와 같이 연마입자의 종류(GC, WA)에 따라 First dressing time은 많은 차이를 나타내고 있는데, GC에 비해 WA가 연마숫돌의 눈막힘 현상이 빨리 진행 됨을 관찰할수 있었다. First dressing time은 연마숫돌의 최초 수명을 나타내는 것으로 WA가 GC에 비해 수명이 아주 짧다는 것을 보여주며 이는 WA, GC 입자특성에 따라 경도가 높은 금속(HRC 60)의 MAGIC 연마작업에 WA의 적용은 부적합한 것으로 판단되었다.

4. 연마입자의 종류 및 배합률과 연마면 조도와와의 관계

본 실험에서는 실험조건(Table 2)에서 보는바와 같이 강의 연마 작업에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 GC 및 WA 입자를 대상으로 하여 MAGIC 연마를 수행하였다. 일반적으로 WA가 GC에 비해 쉽게 파쇄되는 성질이 있는 것은 주지의 사실이다. 본 연구에서는 MAGIC 연마작업을 통하여 결과를 확인하고자 하였다. Fig. 9의 (a) 및 (b)는 각각 입도#180, #360의 WA 및 GC 입자를 사용하여 연마작업을 수행하였을 경우 연마시간의 증가에 대한 연마면 조도의 관계를 나타낸 그림이다.



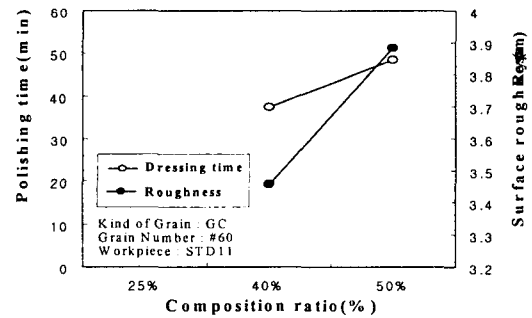
(a) #180



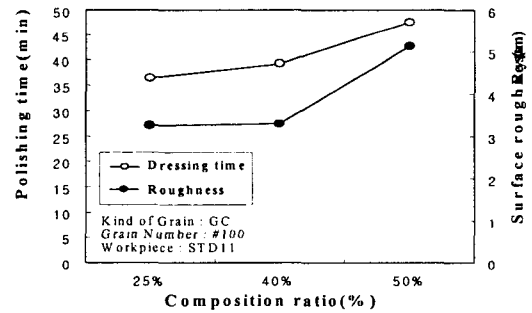
(b) #360

Fig. 9 Comparing with polishing efficiency of the GC and WA grain

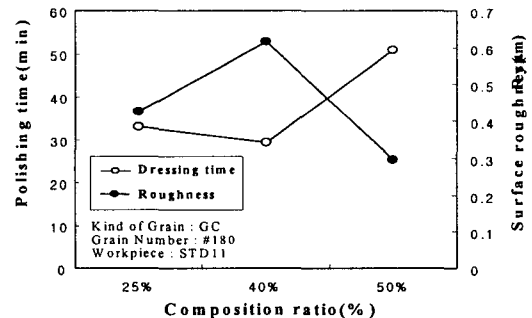
연마작업 초기에는 WA 입자로 제작된 MAGIC 슷돌이 좋은 연마면 조도를 나타내고 있으나 연마시간이 30분을 경과하면서 더 이상의 연마면 조도의 향상을 보여주지 못했다. 이는 WA 입자로 제작된 MAGIC 슷돌이 파쇄함에 기인한다. 반면 GC 입자로 제작된 MAGIC 슷돌은 연마시간의 증가와 함께 연마면 조도의 향상을 보여주었다. STD11에 배합률 50%에서 입도#180(a)에서의 최종 표면조도는 Ry 0.295μm 이었고, 입도#360(b)에서는 최종 표면조도는 Ry 0.326 μm를 나타내었다. 이는 입자의 종류 GC, 입자의 배합률 50% MAGIC 슷돌에서는 입도 #180일때 가장 좋은 표면조도를 얻을 수 있음을 설명해준다.



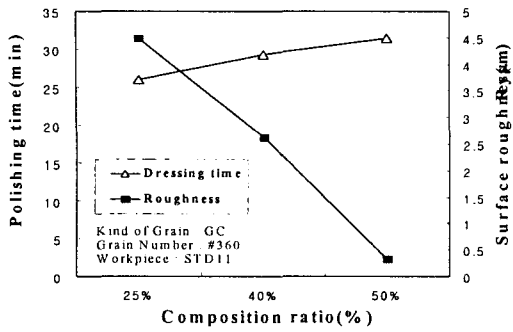
(a) GC, #60



(b) GC, #100



(c) GC, #180



(c) GC, #360

Fig. 10 Comparing of composition ratio

각 연마입자의 크기와 배합률에 따른 연마면 조도와와의 관계를 Fig. 10에 종합적으로 나타내었고, 그림에 보는바와 같이 배합률이 40% ~ 50%일때 연마수들의 수명이 가장 길었고, 입자의 크기가 #60, #100일 경우 배합률이 40%에서 가장 좋은 연마면 조도를 얻을 수 있었고, 입자의 크기가 #180, #360일 경우 배합률이 50%일때 가장 좋은 연마면 조도를 얻을 수 있었다. 이는 일정한 면적에 크기가 큰, 많은 양의 입자가 분포하게 되면 입자간의 간섭이 심해지고, 연마시 많은 스크래치의 발생으로 표면조도가 좋지 않고, 크기가 작은 입자의 경우 분포가 작으면 그만큼 연마면적이 작아져 연마 작업을 제대로 수행할 수 없어 표면조도가 비교적 좋지 않은 것으로 사료된다.

5. 결론

이번 연구에서는 MAGIC 스톨에 의한 연마작업의 표준화를 위해서 연마입자의 종류와 배합률이 연마면 조도에 미치는 영향을 규명하였다. 결과는 다음과 같이 요약하였다.

- ① Dressing oil 양은 약 $1.00 \times 10^{-4} (g/mm^2) \sim 1.42 \times 10^{-4} (g/mm^2)$ 으로 확인하였다.
- ② STD11을 열처리 하여 얻은 HRC 60의 경도에서는 WA보다 GC로 제작된 MAGIC 스톨이 적합하였다.
- ③ 입자의 배합률에 있어서 연마입자의 배합률이 40% 미만일때는 입자의 크기가 클수록 좋은 표면조도를 얻을 수 있었고 연마입자의 배합률이 40% 이상일때 입자의 크기가 작을수록 좋은 표면조도를 얻을 수 있었다.

후기

본 연구는 과학기술부 · 한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 梅原 徳次, , 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第1報, 2000, 53-58
2. 枝村 一弥, , 砥粒加工學會, 學術講演會講演論文集 第2報, 2000, 59-60
3. 萩原 新作, 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第7報, 2001, 277-278
4. 芝田 勳, 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第8報, 2001, 279-280
5. 鄭潤教, 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第10報, 2002, 113-114
6. Noritsugu Umehara, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 10 No. 8 1999
7. 정윤교, 한국공작기계학회 춘계학술대회 논문집, 2002, 314-318