

### 3차원 자동 연마장치의 개발

정윤교(창원대)\*, 김남우(창원대 기계공학과), 문병준(넥스텍), 芝田 勳(PLAMS社)

## Development of 3 dimensional Automatic Polishing System

YoonGyo Jung\*, NamWoo Kim, ByungJoon Moon, Isao Shibata

#### Abstract

Recently, new polishing tool which was made by magnetic intelligent compound(Magic) was invented. The distribution of abrasives in this new tool can be controlled by magnetic field. Therefore, we can make a special polishing tool which has well arranged abrasives after cooling.

In this study, 3 dimensional polishing machine was developed in order to polish complicated - shaped inner surfaces of molds. The performance of developed machine was investigated by measuring the roughness of polished surface using new polishing tool.

그 가공효율이 비교적 낮으며, 따라서, 금형연마에 있어서도 연마효율을 높이기 위해서는 고정입자형의 슷돌개발이 요망되어지고 있다. 또한, 슷돌개발이 가능하다 하더라도 연마기의 개발이 시급하여, 전용의 가공기 개발도 동시에 고려하여야 하는 것이 현실이다. 여기에서, 기 개발되어진 Magic(Magnetic Intelligent Compound) 슷돌<sup>(1-15)</sup>을 이용하여 연마장치 개발의 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 기 개발되어진 Magic 슷돌을 이용하여 연마조건의 표준화, 슷돌선택의 표준화 및 자장배열방법의 표준화에 대한 실험적 연구를 수행하기 위한 3차원 연마기를 개발하여 향후 연마기의 실용화를 위한 기초 자료를 축적시키는데 그 목적이 있다.

#### 1. 서론

오늘날 금형 제작의 기술은 날로 발달하여, 설계에서 제작까지 완전 자동화로 향해서 급속하게 발전하고 있다. 금형 제작프로세서 가운데 가공면의 다듬질로서 금형 연마작업이 있다. 이 작업은 면의 품질향상을 위해서는 필요 불가결한 작업으로 되어있다. 그러나, 정밀 금형형상에서 알 수 있는바와 같이, 3차원이며 복잡하고 동시에 협소한 영역을 자동 연마하려고 하면 종래의 슷돌로는 적용 불가능한 경우가 많고 여전히 수작업에 의존하고있는 것이 일반적이다. 이것이 현재 연마의 자동화를 저해하는 가장 큰 요인으로 되어있다.

일반적으로 연마가공은 연삭가공에 비교하여

#### 2. Magic 슷돌의 특징

본 실험에서 사용한 Magic 슷돌의 구성을 Fig.1에 나타내고 있다. 비교를 위하여 일반적으로 사용되는 슷돌의 구성도 동시에 표시하였다.

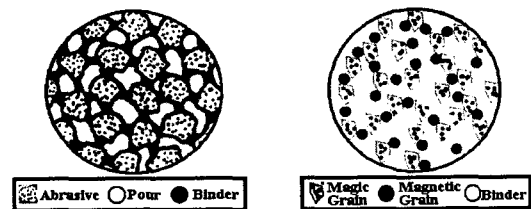


Fig.1 3 Components of Conventional and Magic wheel

일반 슷들은 잘 아는 바와 같이 입자, 기공 및 결합제로 이루어져 있으나, Magic 슷들은 절삭의 역할을 수행하는 입자와 실온에서는 용고하면서 고온에서는 용해하는 결합제, 또한 연마입자의 배열을 위하여 혼합하는 자성입자로 구성되어 있다. 이 때문에 Magic 슷들의 가장 큰 특징은 형상에 맞추어 슷들을 제작할 수 있다는 것이며 또한 온도에 따라 자유자재로 3요소를 혼합 분리가 가능하기 때문에 재활용 할 수 있다는 환경적 측면의 효과도 동시에 기대할 수 있다. 표1은 Magic 슷들의 금형시장의 요구에 대한 적응성을 나타내었다.

금형		연마방법		
		종래의 연마		Magic 연마
		고정 입자	유리 입자	
형상	면의 경사	△	○	○
	면의 형상	△	○	○
특징	면의 접합상태	○	×	○
	Sharp corner	○	×	○
요구 성능	고정도다듬질 (Ra0.3이하, Ry1이하)	○	○	○
	다듬질면의 균일화	○	△	○
	부분다듬질 가능여부	○	△	○
	연마효율	○	△	○
기타	미소연마, Stroke연마	○	△	○
	장치의 소형화	△	○	○
	환경의 배려	○	×	○
	省 Energy	△	△	○

표1 Magic 슷들의 금형 시장요구에 대한 적응도

### 3. Magic 연마스�들의 제작법

스� 제작의 기본이념은 상대의 형상에 맞추어 슷들을 만드는 것이기 때문에 여러 형상을 가지는 금형에 대응시킬 수 있다. Fig.2 는 슷제작의 프로세스와 연마방법의 개념을 나타낸다. 우선 슷들원료인 입자(비자성)과 자성입자 및 결합제를 혼합하여 결합제를 용점까지 가열한다. (Fig.2, (a)). 액체상태의 원료(원액)을 금형에 부 넣는다.(Fig.2, (b)). 이때, 슷들의 축은 미리 삽입여 놓는다. 여기에 주입되어진 원액에 자장을 인가하여 15분 정도 냉각시킨다. (Fig.2, (c)) 원액

고체상태로 되었을 때 전사형의 슷들이 제작되어져 연마가 가능하여진다. (Fig.2, (d)).

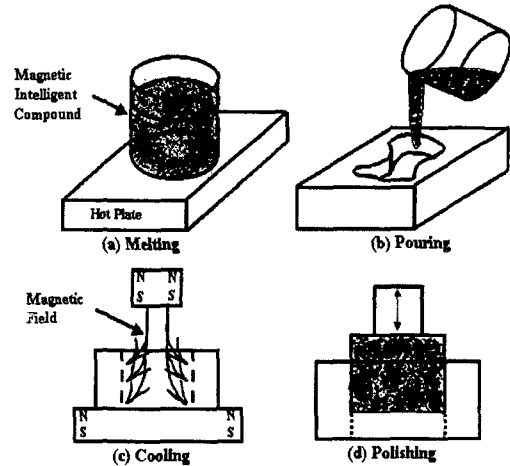


Fig.2 Preparation process of new Polishing u magic wheels

이러한 전사법을 이용한 Magic 슷들을 상대 금형의 형상에 관계없이 제작할 수 있다는 이점을 가지며, 슷들이 연마중 형이 파손되었다 하더라도 슷들을 금형에 밀착시킨 상태에서 재 가열하여 냉각하면 그 자리에서 재 성형이 가능하게 되는 특징을 가진다.

### 4. Magic 슷들의 입자배열

입자의 배열은 연마면에 대하여 입자의 균일 및 분산화 성을 향상시키기 위하여 실시한다. Magic 슷들의 배합성분의 비율은 슷들 배열성에 있어서 지극히 중요하며, 비자성체인 입자를 슷들표면에 정열 배합시키기 위하여 자성입자를 이용한다. 가온한 상태의 결합제 중에서 자성입자가 자력선을 따라서 배열하는데 동반하여 입자는 자성입자의 기둥에 하나씩 끼어있는 자세로 자신들 입자도 하나의 기둥을 형성하면서 배열한다. 이러한 현상을 Fig.3 에 나타내었다. 이러한 Magic 슷들의 배합비율을 잘 억제함으로써 배열성의 Magic 슷들을 얻을 수가 있다.

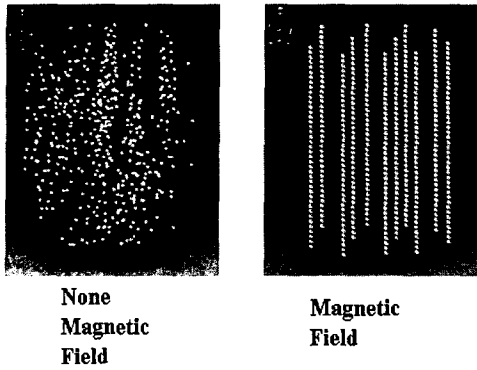


Fig.3 Distribution of abrasives applied magnetic field

### 5. 연마장치의 제작

복잡형상의 금형연마에 있어서는 충분한 슷들의 스트로크를 얻기가 힘들고 미소 스트로크에서 연마를 수행하지 않으면 안된다. 본 연구에서는 Magic 연마를 실용화시키기 위하여 경제성이 있으면서 지금까지 연마하기 곤란했었던 형상의 연마를 손쉽게 수행하기 위한 연마장치를 개발하였다. 개발되어진 연마장치는 완제품의 제작과정에서 개발된 제품으로 앞으로 Magic 가공에 있어서 각종 조건들의 표준화 작업의 실험연마기로 사용될 예정으로 있다.

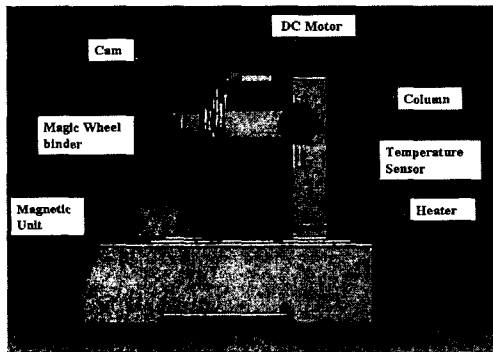


Fig.4 Drawing of appearance

Fig.4는 고안되어진 3차원 연마장치구조의 개략적인 모식도를 나타내고 있다. 2자유도의 Arm부의 선단에 슷들 구동부를 장착하여, 모터의 회전운동을 Cam을 개재하여 왕복운동으로 변환시

켜 10Hz의 슷들 스트로크 운동을 주는 구조로 되어있다. 또한 슷들 구동부를 스프링으로 금형 연마면에 수직으로 압력을 주어서 연마압력을 확보하도록 되어 있으며 모터의 전압을 변화시켜 연마속도를 바꾸도록 되어있다. 자장의 인가는 헤드부와 플레이트부에 전자석을 장착하여 금형의 형상에 맞추어진 슷들이 용융 상태에서 자장이 걸리도록 설계하였으며, 연마진폭도 가변 되어질 수 있도록 설계하였다.

Fig.5는 본 실험에서 제작되어진 연마장치의 사진을, Table 2는 본 장치의 사양을 나타내고 있다.

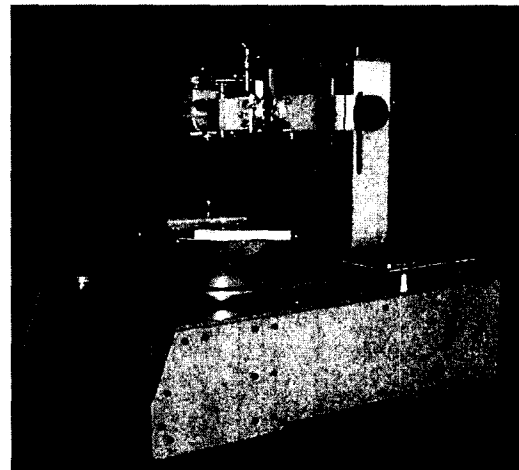


Fig.5 Photo of developed polishing machine

Item	Specification
Size	350×220×500(mm)
Weight	15 kg
Power	100 W
Polishing power	2 W
Polishing pressure	0.1 ~ 5 N
Stroke	0.5 mm ~ 3 mm
Frequency	10 Hz
Option	Heater Function Magnetic Field Making Function

Table 2 Specification

## 6. 시작품의 성능평가

본 연구에서 제작된 3차원 연마기의 성능을 평가하기 위하여 Fig.6에서 보는 바와 같이 내부에 기어형태의 형상을 한 부품에 대하여 연마작업을 수행한 결과 연마 전에는  $R_a$ 가  $2.7\mu\text{m}$  정도의 표면조도를 나타낸 제품이 약 20분 연마 후에는  $R_a$ 가  $0.2\mu\text{m}$ 으로 연마의 결과가 우수한 것을 알 수 있었다.

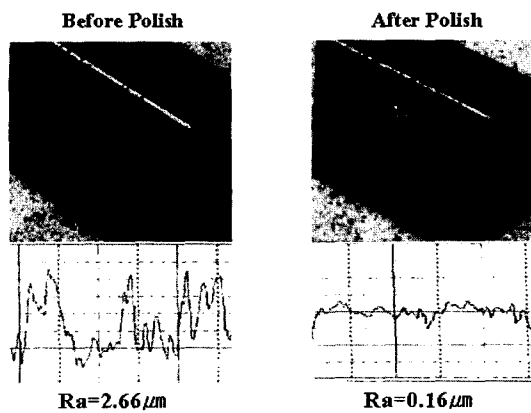


Fig.6 Performance evaluation of Magic polishing

또한, Z 방향으로 자장을 인가하였을 때와 인가하지 않았을 때 연마수행결과 연마방향과 표면조도와의 관계를 실험적으로 구한 것이 표 3이다. 그림에서 알 수 있는바와 같이 입자의 배열이 Z 방향이라 하더라도 Z 방향으로의 연마면에 대한 표면조도가 X방향 연마면에 대한 표면조도보다 다소 시간이 걸리나 결국 같은 표면조도를 나타냄을 알 수 있으며, 자장을 인가하였을 때는 인가하지 않았을 때에 비교하여 우수할 뿐만 아니라 연마시간도 단축되어짐을 알 수 있다. 이로써 본 연구에서 제작한 3차원 연마기의 실용가능성이 있음이 입증되었다.

## 7. 결론

본 연구에서는 연마조건 및 스톨선택의 표준화를 위한 3차원 자동 Magic 가공기를 설계 및

제작하였다. 제작된 연마기의 성능을 평가하기 위하여 연마작업을 수행한 결과 Magic 가공의 우수성이 입증되었으며 향후 그 실용성이 기대되어진다.

Experimental Condition	Before Polish ( $\mu\text{m}$ )	After 10min. ( $\mu\text{m}$ )	After 20min. ( $\mu\text{m}$ )	After 30min. ( $\mu\text{m}$ )	After 40min. ( $\mu\text{m}$ )
(a)XX	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2
(b)XY	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
(c)ZZ	0.5	0.35	0.2	0.2	0.2
(d)ZY	0.5	0.4	0.35	0.3	0.3
(e)XX	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2
(f)XY	0.5	0.4	0.35	0.3	0.3
XX	Polishing direction→X, Measuring direction→X				
(a)~(d)는 Magnetic Field에서 만들어진 스톨 (e),(f)는 None Magnetic Field에서 만들어진 스톨					
Magnetic Field			None Magnetic Field		

Table 3 Result of polidhing

## 참고문헌

1. Noritsugu Umehara, "New Polishing Method with Magnetic Congelation Liquid", JOURNAL OF Intellgent Material Systems And Structures, Vol.10, 1999, 620-623
2. 梅原 徳次, "Magic 砥石の開発とその應用 -磁場配列を利用した新しい砥石による研特性の原理と特性基本-", 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第1報, 2000, 53-58
3. 枝村 一弥, "Magic 砥石の開発とその應用 -Magic砥石の構造及び配合設計-", 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第2報, 2000, 59-60

4. 萩原 新作, "Magic 砥石の開発とその應用 -Magic砥石の3次元自由曲面適応磁場配向-", 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第3報, 2000, 61-62
5. 芝田 勳, "Magic 砥石の開発とその應用 -Magic砥石を使用した3次元金型研磨裝置-", 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第4報, 2000, 63-66
6. 梅原 徳次, "Magic 砥石の開発とその應用 -研磨特性に及ばず砥石硬さの影響-", 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第5報, 2001, 273-274
7. 枝村 一弥, "Magic 砥石の開発とその應用-砥石表層設計と研磨特性の關係について-", 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第6報, 2001, 275-276
8. 萩原 新作, "Magic 砥石の開発とその應用 -磁場による砥石内砥粒分布の制御-", 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第7報, 2001, 277-278
9. 芝田 勳, "Magic 砥石の開発とその應用 -卓上型研磨裝置の開発-", 砥粒加工學會學術講演會講演論文集 第8報, 2001, 279-280
10. 梅原 徳次, "Magic砥石の開発とその實用化-研磨メカニズムの検討-", 精密工學會春季大會講演論文集 第1報, 2000, 44
11. 萩原 新作, "Magic砥石の開発とその實用化 -砥粒配列と均一分散-", 精密工學會春季大會講演論文集 第2報, 2000, 45
12. 芝田 勳, "Magic砥石の開発とその實用化 -3次元自由曲面の自動研磨-", 精密工學會春季大會講演論文集 第3報, 2000, 46
13. 枝村 一弥, "Magic砥石の開発とその實用化 -砥石リサイクル性の検討-", 精密工學會春季大會講演論文集 第4報, 2000, 47
14. 梅原 徳次, "均一に配列させたマイクロ多刃工  
具による仕上げ加工の可能性 -異方性エッチソ  
グによるアマイクロ多刃工具からMagic砥石へ  
-", 砥粒加工學會誌, Vol.45 No.6, 2001,  
283-287
15. 梅原 徳次, "磁場による砥粒制御と磁氣配向性  
複合體によるエコ加工", フルイドパワーシステ  
ム、 Vol.32 No.6, 2001, 414-418

### 감사의 글

본 논문은 과학기술부 및 한국과학재단 지정 창원대학교  
공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.