

# 마그네슘 합금의 자기연마에서 최적 공구경로 선정에 관한 연구 Study on Tool-Path Optimization of Magnetic Abrasive Polishing

\*#곽재섭<sup>1</sup>, 강한성<sup>2</sup>, 신창민<sup>2</sup>

\*#J. S. Kwak(jskwak5@pknu.ac.kr)<sup>1</sup>, H. S. Kang<sup>2</sup>, C. M. Shin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 기계공학과, <sup>2</sup>부경대학교 대학원

Key words : Genetic Algorithm, Simulated Annealing, Magnetic Abrasive Polishing

## 1. 서론

알루미늄이나 스테인레스 같은 비자성체의 자기연마공정에서는 자성체보다 자기연마 공정의 효율이 현저히 감소한다. 따라서 비자성체의 자기연마에서는 자기력 향상을 위해 영구자석을 이용하는 방안이 연구되었으며, 그 효과를 검증하였다.<sup>(1)</sup> 또한 자기연마 공구에 발생하는 자속밀도의 세기 및 회전력은 공구의 중심 거리에 따라 변화한다. 이러한 변화는 평면의 자기연마 공정에서 공구 중심간 거리에 따른 표면거칠기의 편차를 심화시킨다. 따라서 본 연구에서는 공구 중심간 거리에 따른 표면거칠기의 반응표면모형을 개발하고 이를 유전자 알고리즘과 시뮬레이티드 어닐링을 이용하여 최적화된 값을 기준으로 중심간 거리와 표면거칠기의 향상 정도에 대한 관계식을 완성하였다. 완성된 관계식을 통해 공구경로상의 공구간격을 최적화 시킬 수 있었다.

## 2. 휴리스틱 알고리즘

제한된 정보와 시간제약을 고려한 최적화 문제를 해결하기 위해서 빠른 시간에 근사최적해를 찾을 수 있는 발견적(Heuristic) 기법에 관한 연구가 이루어지고 있으며, 발견적 기법의 연구는 해결하고자 하는 문제마다 각기 특성에 맞추어 개발해야 하는 어려움이 있다. 특정 문제가 갖는 정보에 구속되지 않고 다양한 문제에 적용가능한 상위수준의 발견적 기법인 메타 휴리스틱이 사용되며 그 종류로는 유전자 알고리즘, 시뮬레이티드 어닐링, 개미군 최적화 등이 있다.<sup>(2)</sup>

## 3. 공구 반경에 따른 표면거칠기

표면거칠기의 편차의 정도를 예측하고 이를 최적화하기 위하여 실험계획법을 이용한 2차 반응표

Table 1 Factors and levels used in experiments

Factors	Levels		
	1	2	3
Current of table, A(A)	0.2	0.5	0.8
Current of tool, B(A)	1.5	2.0	2.5
Spindle speed, C(rpm)	900	1200	1500
abrasive Weight, D (g)	1.5	2.0	2.5

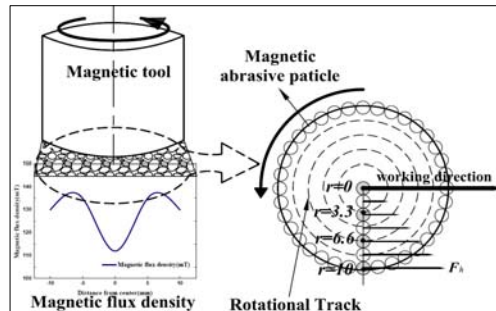


Fig. 1 Rotational track and magnetic flux density

면모형을 각 중심거리에 따라 개발하였다. Fig. 1은 공구 중심거리에 따른 자속밀도 변화와 중심거리에 따른 연마입자들의 트랙을 보여준다. 본 연구에서는 중심을 포함한 특정 4개의 지점( $r=0, 3.3, 6.6, 10.0\text{mm}$ )을 선정하고 이에 따른 2차 반응표면모형을 선정하였다. 실험은  $L_{27}(3^4)$ 의 직교배열표에 따라 각 지점에 대한 표면거칠기를 평가하였다. Table 1은 인자의 종류와 수준을 나타낸다. 소재는 AZ31B 마그네슘 합금 판재를 사용하였고, 전자기력 어레이 테이블을 공작물 반대편에 설치하여 자기력을 향상시켰다. 공구 직경은 20mm이며, 작업시간은 5분으로 설정하였다.

## 4. 최적 공구경로 선정

각 회전반경에 따라 동일한 공정변수가 적용되더라도 표면거칠기의 향상이 달라짐을 Fig. 2~3과 같이 GA 및 SA의 휴리스틱 알고리즘을 이용한 최적화를 통해 확인 할 수 있었다. 따라서 평면 자기연마 공정의 공구경로에서 적절한 공구 간 간격을 선정하는 것이 중요하다. 중첩되는 작업영역에서 반경에 따른 표면거칠기의 편차를 줄이기 위해서 이다. 공구 간 간격 선정을 위하여 최적화 과정을 통해 얻어진 각 반경에 따른 향상된 표면거칠기 관계식을 Fig. 4와 같이 계산하였다. 각 점에 대한 95% 신뢰구간을 적용하더라도 중심에서 1.16mm인 지점이 가장 낮은 표면거칠기 향상을 나타내는 반면 중심에서 7.78mm에서 가장 높은 표면거칠기 향상을 보인다. 따라서 가장 높은 표면거칠기 향상을 가지는 지점과 가장 낮은 향상을 가지는 지점간의 거리(약 6.6mm)를 공구경로 상의 공구 간격으로 설정하면 평면의 자기연마 공간에서 표면거칠기의 편차를 줄일 수 있다. 이러한 방법은 복잡한 공구경로의 설정이 없어도 단순한 중첩 경로를 통해 평탄화된 표면거칠기를 얻을 수 있다.

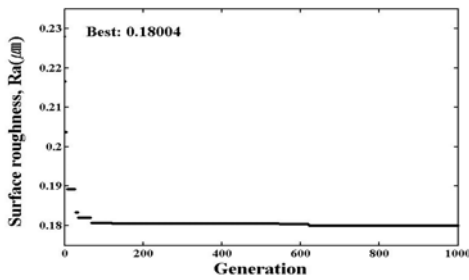


Fig. 2. Convergence of best individual for surface roughness to generation during optimization process GA at r=6.6mm

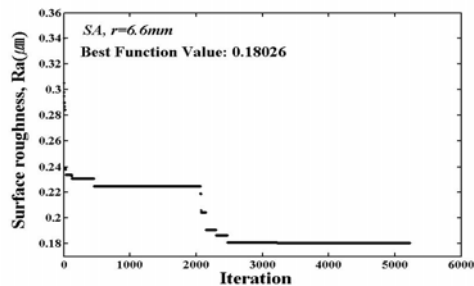


Fig. 3. Convergence of best individual for surface roughness to generation during optimization process SA at r=6.6mm

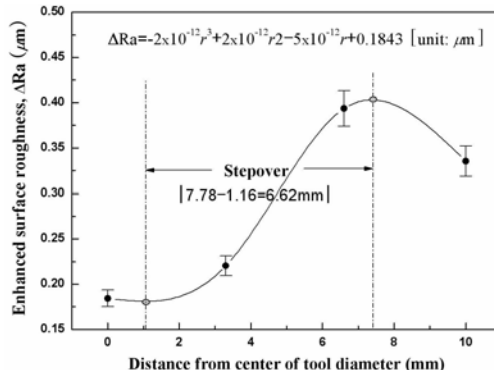


Fig. 4. Determination of step-over value on MAP

### 5. 결론

본 연구에서는 공구의 반경에 따른 표면거칠기의 편차를 줄이기 위한 최적의 공구 간 간격을 선정하기 유전자 알고리즘과 시뮬레이티드 어닐링 기법을 활용한 최적화 과정을 수행하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 유전자 알고리즘과 시뮬레이티드 어닐링을 이용한 각 반경에 대한 반응표면모델 최적화 결과, 동일한 공정 조건에서도 중심에서 가장 높은 표면거칠기를 가지고, 반경 6.6mm에서 가장 낮은 표면거칠기를 가진다.
2. 공구 반경에 따른 표면거칠기의 향상정도를 3차 함수로 정리하고 가장 효율이 높은 반경 지점(r=7.7mm)과 가장 효율이 낮은 반경 지점(r=1.1mm)의 간격을 평면 자기연마에서 공구 간 간격으로 설정할 수 있었다

### 후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업임(No. 2010-0015271).

### 참고문헌

1. Kim, S. O. and Kwak, J. S., "Improvement of Magnetic Force and Experimental Verification for Magnetic Abrasive Polishing of Aluminum Alloy," Trans. of KSMTE, 17, 23-29.2008.
2. Balas, E., and C. Martin., "Pivot and Complement-A Heuristic for 0-1 Programming", Management Science, 26, 86-96. 1979.