

중합로용 임펠러의 자기연마 가공을 위한 기초연구

A study on MAP process for polymerization impeller

*이정인¹, #곽재섭², 구양²

*Jung-In Lee¹, #J. S. Kwak(jskwak5@pknu.ac.kr)², Y. Koo²

¹ 부경대학교 설계생산자동화전공, ²부경대학교 기계공학부

Key words : Polymerization, Impeller, MAP process, Reacting unit

1. 서론

Stainless steel강은 산업 전반에 걸쳐 은 폭 넓게 사용되고 있는 재료 중에 하나이며 특히, 기계적 성질과 내식성, 내구성이 우수하여 자동차 외장재, 환경분야, 석유화학 공업의 열교환기, 원자력발전소 등의 각종설비에 널리 사용되고 있다. 특히, 그 중에서도 SUS316재질은 내약품성과 내식성이 우수하기 때문에 화학산업에 널리 이용되고 있다. 그렇기 때문에 프리폴리머 중합 반응 시에 사용되는 연료들이 대부분 화학약품이므로 반응시에 교반작용을 용이하게 하기 위해서 사용되는 임펠러를 SUS316을 사용하고 있다. 하지만 아직까지 임펠러 가공을 위한 사전지식이 부족한 단계이므로 본 논문에서는 가공 품의 재질인 SUS316소재의 가공특성을 평가하기 위해서 자기연마 장치를 이용하였으며, 각 인자들간의 상호 연관관계를 파악하기 위해서 실험계획법을 이용하여 실험을 실시하였다.

2. 자기연마법

자기연마법의 개략적인 가공 기구는 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1과 같이 Steel Pole에 코일을 감고 그 코일에 전류를 부가하면 패러데이의 법칙(Faraday's law)에 의해 자기력이 발생하는 연마 공구가 된다. 공구의 끝단과 공작물 사이에 간극을 주고 그 공간에 자성체와 연마입자를 용융하여 분쇄한 후 각각의 자성입자와 연마입자를 일정 비율로 혼합한 혼합형 입자를 슬러리 형태로 공급한다. 전자석에 전류가 부가된 연마공구는 자성입자를 구속하게 된다. 연마공구와 공작물사이의 자성입자는 사슬구조(Chain-like structure)로 정렬되며 자성입자의 정렬로 인하여 연마입자는 자성입자들 사이에 위치한다. 이처럼 사슬구조로 형성된 입자들은 유연성을 가지는 브러쉬 역할을 수행한다.^(1,2) 이 때 자기력이 발생 된 Steel pole에 부착된 연마입자와 자성입자들은 Pole이 회전을 함으로 인해서 공작물을 가공 할 수 있는 연마가공을 수행하는 것이다.

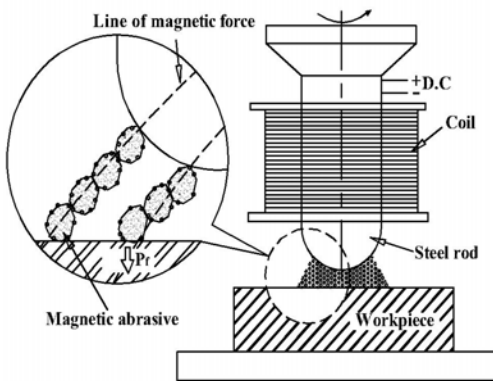


Fig. 1 Concept for magnetic abrasive polishing

3. 실험장치 및 구성

본 연구의 실험을 위하여 MAP 장치를 Fig. 2와 같이 구성하였다. MAP장치의 구성 및 사양은 Table 1에 나타내었다. 그리고

실험에서 사용된 실험조건을 Table 2에 나타내었다. 공작물의 재질은 SUS316으로 선정하였다.

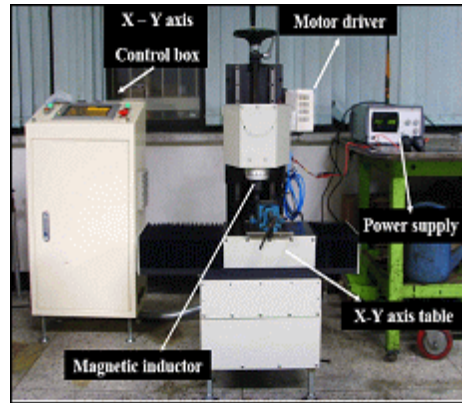


Fig. 2 MAP Set up

Table 1 Specifications of MAP equipment

Items	Conditions
Motor	AC servo motor (0~60Hz)
Inductor	Ball end, flat end
Magnetic flux density	0~0.2T
Power supply	5A, 50V
X-Y axis control drive	0~30mm/min
Feed speed	9m/min

4. 결과 및 분석

본 논문에서는 중합로용 임펠러의 가공특성을 평가하기 위해서 자기연마 장치를 이용하였으며, 각 인자들간의 가공특성을 평가하기 위해서 실험계획법을 이용하여 실험을 실시하였으며, 가공의 정도를 확인하기 위해서 가공전후의 표면거칠기를 평가항목으로 정한 뒤 실험을 실시하였다.

Table 2에서는 본 연구에서 선택한 인자와 그 수준을 나타내었다. MAP장치에 사용되는 인덕터의 전기용량은 0~3A이다. 따라서 본 연구에서는 전류의 세기를 1.5, 2, 2.5A 선정하였다. 한편 공구의 회전속도는 서보모터의 용량이 0~60Hz로 약0~3700rpm까지 가능하므로 회전속도는 각각 900rpm, 1200rpm, 1500rpm으로 선정하였다. 공작물과 공구 사이의 간격은 입자의 크기와 공급되는 입자의 량을 고려하여 각각 1.0mm, 1.5mm, 2.0mm로 선정하였으며 또한, 가공시의 자기력의 세기의 따른 차이를 알아보기 위해서 연구자석을 각각 3, 5, 7 썩 부착을 하여 실험을 실시하였다. 이 때 연구자석이 발생하는 자기력의 세기는 3개일 때 52mT, 5개일 때 79mT, 7개일 때 82mT로 측정되었다.

Table 3은 본 실험에 사용된 L₉(3⁴)표준직교배열표를 나타낸 것이다. 직교배열표에는 4개의 열에 주요인자 및 상호작용이 예상되는 인자들을 배치하였고, 실험의 실시회수는 9회로 하였다. 직교배열표에서 숫자 1, 2와 3은 각 인자들의 수준을 의미한다. 본 연구의 실험은 Table 3에서 나타낸 직교배열표에 따라서 실시하였고, 가공 전 · 후의 표면거칠기 값을 측정하여 그 값들의 차가 클수록 좋으므로 S/N비의 계산식은 망목특성을 이용하여 계산하였다. 실

험에서 얻어진 가공 전후의 측정값과 측정값의 차, 이로부터 계산된 S/N비는 Table 4와 같다.

그리고 구해진 실험의 결과를 각 인자별로 그 특성을 파악한 결과를 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 SUS316소재의 표면거칠기에는 공구의 회전수에 대한 영향이 매우 적었으며, 영구자석의 개수, 전류의 세기 그리고 공구와 공작물 사이의 간극 순서로 SUS 재질의 표면거칠기의 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 실험 결과를 바탕으로 최적화 공식은 A₂B₁C₁D₂ 즉, 회전속도가 1200rpm, 영구자석의 개수가 3개일 때, 전류의 세기가 1.5A 그리고 간극이 1.5mm일때 가장 좋은 표면거칠기를 얻을 수 있음을 예측할 수 있다.

Table 5는 각 인자에 대한 분산분석을 실시한 결과이다. 여기서 SS는 각 인자별 S/N비의 제곱합을, DOF는 각 인자별 자유도(Degree of freedom)를, V는 제곱평균을, FO는 제곱평균비를 나타낸다. 분산분석 및 F-검증을 통하여 버 제거량의 기여 정도는 A, C, D 인자가 90%의 유의수준을 만족함을 알 수 있다. 여기서 F검증(a=0.1일때)는 9.0 이고 F검증(a = 0.05 일때)는 19.0 이다.

Table 2 Factors and levels used in experiment

Factor	Level		
	1	2	3
Rotational speed, A(rpm)	900	1200	1500
Magnetic flux density (permanent magnet), B(mT)	52	79	82
Current, C(A)	1.5	2.0	2.5
Working gap, D(mm)	1.0	1.5	2.0

Table 3 Orthogonal array table for L₉(3⁴)

No.	Factor			
	A	B	C	D
1	900	52	1.5	1.0
2	900	79	2	1.5
3	900	82	2.5	2.0
4	1200	52	2	2.0
5	1200	79	2.5	1.0
6	1200	82	1.5	1.5
7	1500	52	2.5	1.5
8	1500	79	1.5	2.0
9	1500	82	2	1.0

Table 4 Experimental results

NO.	Before	After	Difference	SN ratio
1	0.51	0.45	0.06	-24.437
2	0.52	0.44	0.08	-21.938
3	0.50	0.41	0.09	-20.915
4	0.54	0.49	0.05	-26.020
5	0.61	0.48	0.13	-17.721
6	0.50	0.44	0.06	-24.437
7	0.51	0.43	0.08	-21.938
8	0.59	0.50	0.09	-20.915
9	0.57	0.43	0.14	-17.077

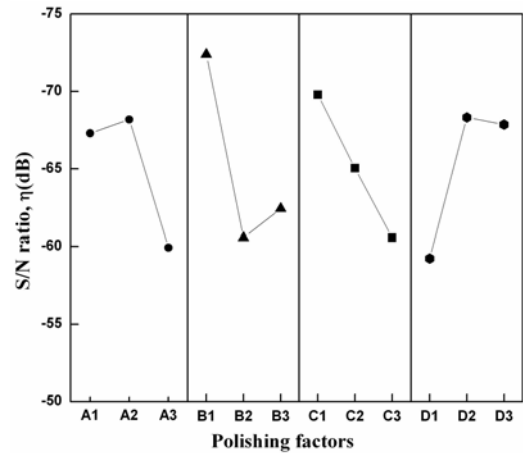


Fig. 3 Influence of S/N ratio on surface roughness

Table 5 Analysis of variance for each factor

	SS	DOF	V	Fo
A(error)	13.664	2	6.8322	
B	26.945	2	13.472	1.9718
C	14.156	2	7.0781	1.0359
D	17.427	2	8.7136	1.2753
Total	54.766	8		

5. 결론

본 논문은 SUS316 재질의 가공특성을 알아보기 위해 자기연마장치를 이용하여 실험을 실시하였고, 또한 각 인자들 간의 가공특성을 평가하기 위해 실험계획법을 이용하여 실험을 실시하였으며, 실험 결과는 아래와 같다.

1. 공구의 회전수가 실험결과에 영향을 가장 적게 미치는 것을 알 수가 있었으며, 자기력의 세기를 증가시키기 위한 영구자석은 실험결과에 가장 큰 영향을 미쳤음을 알 수가 있었다.
2. 회전속도가 1200rpm, 영구자석의 개수가 3, 전류의 세기가 1.5A, 공구와 공작물 사이의 거리가 1.5mm일 때 가장 좋은 표면거칠기를 얻을 수 있음을 예측할 수 있었다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업(과제명: Pre-polymer 중합설계 및 시스템 최적화 기술 개발, 과제번호: 2007013013 4117)으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. Park, W. G., Roh, T. W., Seo, Y. I. Choi, H., Lee, J. C., Jung, S. H. and Chae, S., "The Internal Finishing Characteristics of Non-ferro magnetic Pipe Polished by Magnetic Abrasive Machining(II)" Journal of the Korean Society of Precision Engineering, pp.960~963,2001.
2. H. N. Kim, S. K. Song, Y. K. Yun, H. W. Kim, B. S. Kim, H. J. Ahn, J. W. Shim "The Effects of Ba-Ferrite Magnetic Abrasive Behavior on Polishing Characteristics", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, 2003.