

# 미세입자 분사가공 시 평면과 나선형 곡면 차이에 의한 분사조건 변화 연구

최성윤\*, 이은주\*\*, 이세한\*\*\*, 권대규\*\*\*\*,#

\*경남대학교대학원, \*\*한국폴리텍 창원, \*\*\*경남대학교 기계공학부, \*\*\*\*한국국제대학교 항공부품공학과

## Investigation of Changes in Injection Conditions Due to the Difference of Plane and Spiral Surface in Micro Particle Blasting

Sung-Yun Choi\*, Eun-Ju Lee\*\*, Sea-Han Lee\*\*\*, and Dae-Gyu Kwon\*\*\*\*,#

\*Graduate School, Kyungnam Univ., \*\*Korea Polytechnics CHANGWON.,

\*\*\*School of Mechanical Engineering, Kyungnam Univ.,

\*\*\*\*Dept. of Aerospace Engineering, International Univ. of Korea

(Received 27 May 2020; received in revised form 29 June 2020; accepted 06 July 2020)

### ABSTRACT

This study analyzed the surface roughness of the fine particle spraying process in the plane and the surface roughness by the factors in the fine particle spraying process on the helical surface is analyzed. Finally, the surface fine particle spraying process and the helical curved surface fine particle Analyze the difference in injection conditions of the injection process. Key process variables are particle type, nozzle diameter, and pressure. The remaining conditions are fixed values of . A total of 32 experiments were conducted, each with different process variables. Rectangular and cylindrical specimens were fabricated and a corresponding jig was prepared for use in the experiment. Analyses conducted by using ANOVA enabled comparisons of the effects of each process variable on the experiment.

**Key Words :** Plane and Spiral Surface in Micro Particle Blasting(평면과 나선형 곡면 미세입자 분사가공), Particle(분사 입자), Nozzle Diameter(노즐직경), Pressure(압력), ANOVA(분산분석)

### 1. 서 론

미세입자 분사가공은 노즐에서 연마재를 분사하여 표면을 다듬거나 절삭하는 가공 방법으로 녹 제거와 표면의 오염 제거, 돌출부 제거, 접촉 또는 도금의 전처리 등에 사용되고 있으며 최근에는

미세입자 분사가공<sup>[1-2]</sup>의 재료로 알루미늄 합금이 사용되고 있다.

알루미늄합금은 용점이 높고, 고경도이며 내환경성이 우수하다. 알루미늄합금에서 소재간의 접촉과 코팅 및 금속 원소의 이온주입을 위해서는 매끄러운 표면 보다 거친 표면이 요구되고 있으며, 미세입자 분사가공에 의한 표면 거칠기에 대한 연구 또한 활발하게 이루어지고 있다<sup>[3-4]</sup>.

본 연구는 원통형 시편을 나선형 표면 미세입

# Corresponding Author : 1227jkb@hanmail.net

Tel: +82-55-751-8241, Fax: +82-505-999-2160

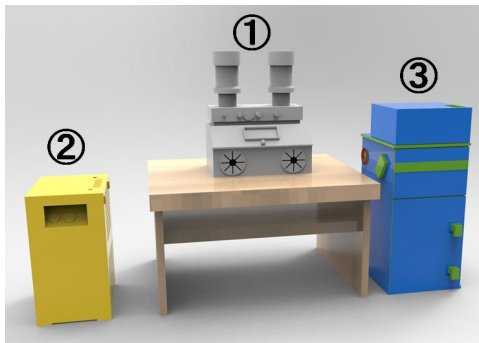
자 분사가공에서 주요 인자들이 표면 거칠기에 미치는 영향을 통계적 방법인 분산분석에<sup>[5]</sup> 의하여 파악하고자 한다. 주요인자로는 분사 입자(Injection Particle), 노즐직경(Nozzle Diameter), 분사 압력(Injection Pressure) 3가지를 설정하고 변수를 적용하여 실험을 진행하였다. 나머지 인자로는 분사 높이(Height Injection), 분사시간(Injection Time), 지그이송속도(Revolutions), 분당 이송거리(Feed distance)는 고정 값으로 지정하여 인자들에 의한 표면 거칠기 영향을 알아보기 위하여 분사가공을 실시한 후 표면 거칠기를 측정된 데이터를 분산분석으로 분석하여 주요인자들이 평면 미세입자 분사와 나선형 곡면 분사의 표면 거칠기에 끼치는 영향을 파악하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에서 미세입자 분사가공 에는 Fig. 1의 Comoco사의 Dual tank micro blaster(MB1006)을 사용하였다.

Fig. 2(a)는 평면 미세입자 분사가공을 하기 위한 장치로 시편은 사각형 형상의 시편을 사용하였고 하단에 마그네틱 블록을 사용하여 고정하였다. 또한 분사 노즐과 분사 가공부위가 수직으로 일치시키기 위해 노즐 고정용 가이드를 별도 제작하였다.



① Micro blaster with dual tank,  
② A ir dryer, ③ Dust collector

Fig. 1 Schematic illustration of micro blaster equipment



(a) Square specimen

(b)Cylindrical specimen

Fig. 2 Experimental jig



Fig. 3 Surface roughness measuring instrument

Fig. 2(b)는 나선형 곡면 미세입자 분사가공을 하기 위한 장치로 시편은 원통형 시편을 사용하였으며 시편을 척을 이용하여 고정하고 모터제어를 통하여 회전 이송하도록 하여 나선형 곡면 가공하도록 하였다.

Fig. 3은 표면 거칠기 측정기구 Surfcoeder-F3500D로 시험편 표면의 표면 거칠기 Ra 값을 구하였다.

### 2.2 실험방법

실험 인자로 (A) 분사 입자, (B) 노즐직경, (C) 압력 세 가지 변수 값으로 지정하고 (D) 분사 높이, (E) 분사 시간 두 가지를 고정 값으로 지정한다.

Table 1과 Table 2는 평면 미세입자 분사가공과 나선형 곡면 미세입자 분사가공의 가공조건을 나타내었으며, 각 인자들을 조합하여 32개의 실험 방법을 구성하고 구성된 실험을 각각 2번 실험하여 총 64번의 실험을 진행한다.

미세입자 분사가공을 진행한 시편의 표면 거칠

**Table 1 Factor and levels for plane micro blasting experiment for Al 6061-T6**

Division		0, 1, 2, 3
A	Particle	Sic, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
B	Nozzle diameter	MB1520-24(∅0.46mm), MB1520-29(∅0.7mm), MB1520-29(∅1.16mm), MB1520-29(∅1.5mm)
C	Pressure	25KPa, 50KPa, 75KPa, 100KPa
D	Height injection	50mm
E	injection time	20sec

**Table 2 Factor and levels for curved surface micro blasting experiment for Al 6061-T6**

Division		0, 1, 2, 3
A	Particle	Sic, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
B	Nozzle diameter	MB1520-24(∅0.46mm), MB1520-29(∅0.7mm), MB1520-29(∅1.16mm), MB1520-29(∅1.5mm)
C	Pressure	25KPa, 50KPa, 75KPa, 100KPa
D	Height injection	30mm
E	injection time	20sec
F	Rotation speed	30rpm
G	Feed distance	47mm/min

기 Ra값을 도출하여 분산분석을 통해 데이터 분석을 실시하여 미세입자 분사가공을 할 때 인자들이 표면 거칠기 값에 미치는 영향을 도출하고 차이를 분석하였다.

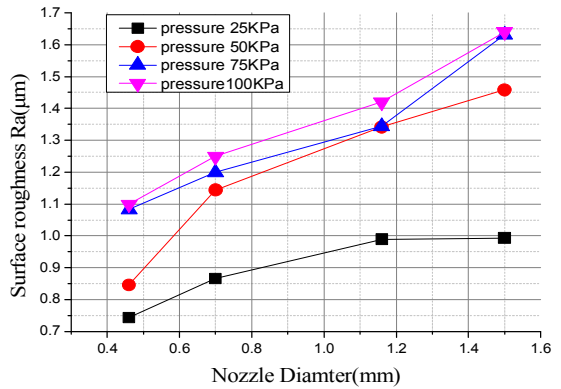
### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 평면 미세입자 분사가공

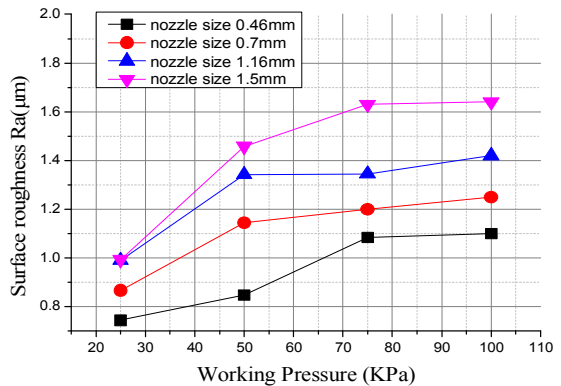
사각형 시편에 조건별로 분사가공을 한 뒤 표면 거칠기 Ra 값을 도출한 뒤 노즐 직경과 분사 압력을 기준으로 각각의 그래프를 만들고 분산분석을 통한 인자들이 표면 거칠기에 미치는 영향을 분석하였다.

Fig. 4와 Fig. 5는 분사 입자를 SiC로 가공한 시편을 표면 거칠기 Ra에 관하여 정리한 그래프이다. Fig. 4는 노즐 직경을 기준으로 Fig. 5는 분사 압력에 따라 데이터를 그래프로 정리하였다.

Fig. 4에서 보면 노즐 직경이 증가할 때 표면



**Fig. 4 Nozzle diameter by surface roughness Ra (SiC)**



**Fig. 5 Working pressure by surface roughness Ra (SiC)**

거칠기 Ra 값이 증가함을 볼 수 있지만 Fig. 5에서 75KPa와 100KPa의 압력일 때 표면 거칠기 Ra 값이 비슷한 값을 나타내는 현상을 볼 수 있다.

Fig. 6과 Fig. 7은 분사 입자를 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 가공한 시편을 표면 거칠기 Ra에 관하여 정리한 그래프이다. Fig. 6은 노즐 직경을 기준으로 Fig. 7은 분사 압력에 따라 데이터를 그래프로 정리하였다.

Fig. 6에서는 25KPa와 50KPa에서 노즐 직경 1.16mm와 1.5mm에서 값이 비슷해 정해진 값이 도출되는 것처럼 보이나 Fig. 6과 Fig. 7의 그래프는 대체적으로 노즐 직경과 분사 압력에 따라 표면 거칠기 Ra 값이 커지는 현상으로 보인다.

분사 입자 SiC의 그래프와 비교해 볼 때 약간의 정해진 구간이 있을 수 있고 분사 입자에 따라 표면 거칠기 Ra 값의 차이는 있지만 대체적으로

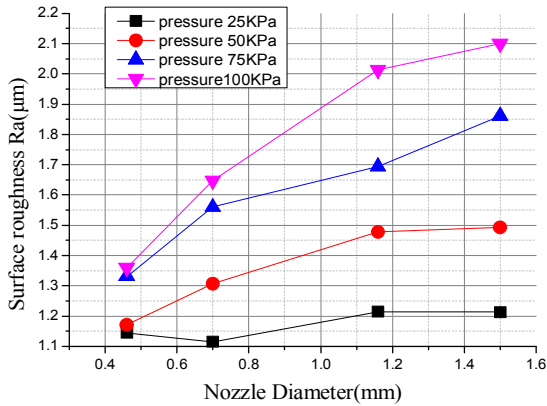


Fig. 6 Nozzle diameter by surface roughness Ra (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

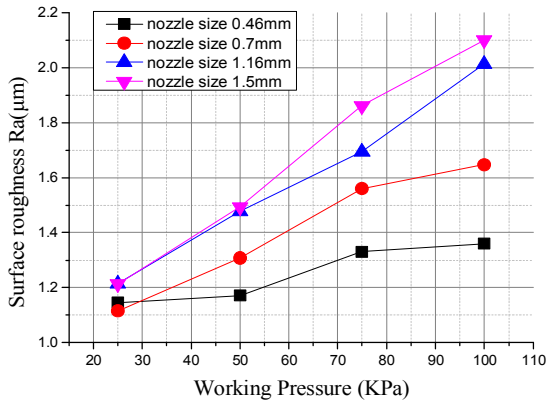


Fig. 7 Working pressure by surface roughness Ra (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Table 3 General linear model: surface roughness Ra (μm) vs. particle, nozzle diameter (mm), pressure (KPa)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	level of contribution (%)
Particle	1	0.6772	0.6772	0.67716	55.58	0.000	21.05
Nozzle diameter (mm)	3	0.9442	0.9442	0.31475	25.83	0.000	29.36
Pressure (KPa)	3	1.3026	1.3026	0.43420	35.64	0.000	40.50
Error	24	0.2924	0.2924	0.01218			9.09
Total	31	3.2164					100.00

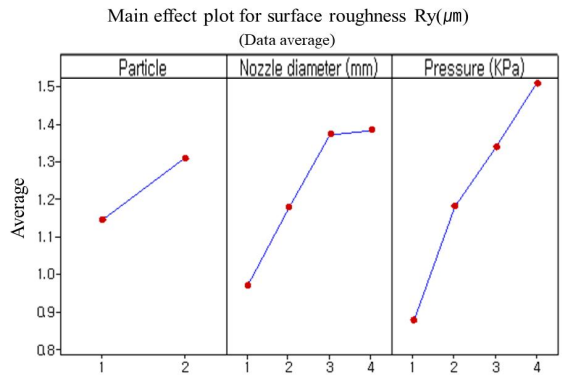


Fig. 8 Main effect analysis graph of surface roughness Ra

노즐 직경과 분사 압력이 증가에 따라 표면 거칠기 Ra 값이 증가하는 현상을 나타내었다.

Table 3을 보면 분사 입자, 노즐 직경, 분사 압력의 P 값이 0.000으로 나타나며, 이는 실험에 미치는 영향이 유의하다고 판별한다. 또한 인자의 기여도를 살펴보면

분사 입자가 21.05%, 노즐 직경이 29.36%, 분사 압력이 40.50%로 분사 압력, 노즐 직경, 분사 입자 순으로 영향력이 높게 나타났다. Fig. 8은 표면 거칠기 Ra에 대한 수준별 인자 주 효과도이다. 수준별 인자를 분석하였을 때 분사 입자는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 값이 영향력이 높았으며, 또한 노즐 직경과 분사 압력이 대체적으로 수준 값이 증가할수록 인자가 끼치는 영향력이 높아지는 현상을 나타내었다.

### 3.2 나선형 곡면 미세입자 분사가공

원통형 시편에 조건별로 분사가공을 한 뒤 표면 거칠기 Ra 값을 도출한 뒤 노즐 직경과 분사 압력을 기준으로 각각의 그래프를 만들고 분산분석을 통한 인자들이 표면 거칠기에 미치는 영향을 분석하였다.

Fig. 9와 Fig. 10은 분사 입자를 SiC로 가공한 시편을 표면 거칠기 Ra에 관하여 정리한 그래프이다. Fig. 9는 노즐 직경을 기준으로 Fig. 10은 분사 압력에 따라 데이터를 그래프로 정리하였다.

Fig. 9에서는 노즐 직경의 크기가 φ1.16mm일 때 까지는 증가하지만 100KPa일 때를 제외하고

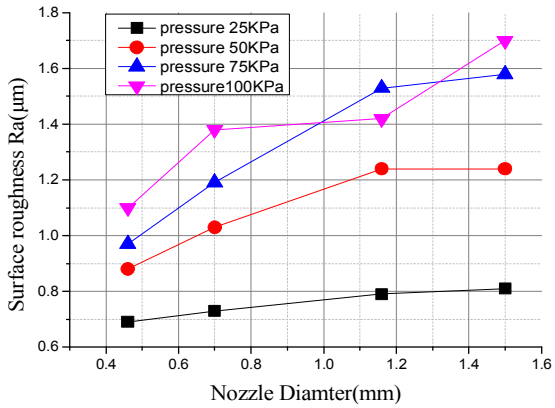


Fig. 9 Nozzle diameter by surface roughness Ra (SiC)

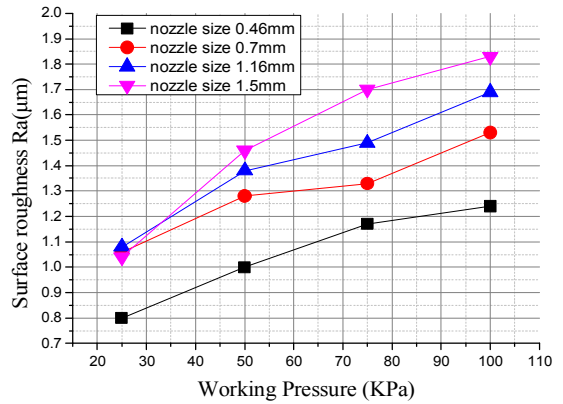


Fig. 12 Working pressure by surface roughness Ra (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

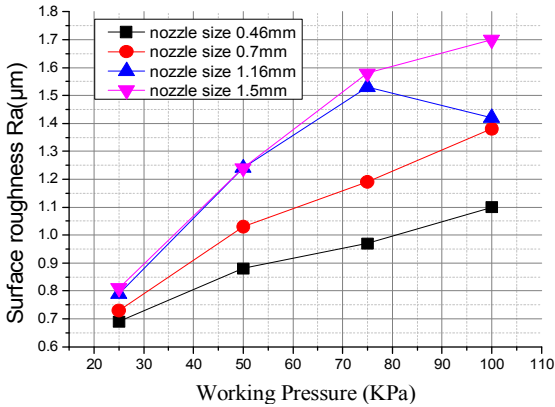


Fig. 10 Working pressure by surface roughness Ra (SiC)

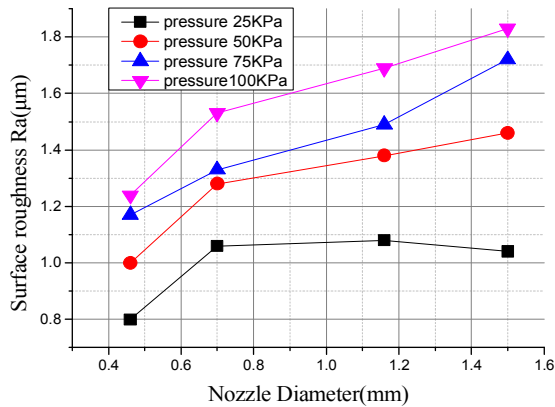


Fig. 11 Nozzle diameter by surface roughness Ra (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Table 4 General linear model: surface roughness Ra (μm) vs. particle, nozzle diameter (mm), pressure (KPa)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	level of contribution (%)
Particle	1	0.2195	0.2195	0.219453	5.32	0.000	7.14
Nozzle diameter (mm)	3	0.9079	0.9079	0.302643	34.92	0.000	29.55
Pressure (KPa)	3	1.7368	1.7368	0.578936	66.81	0.000	56.53
Error	24	0.2080	0.2080	0.008666			6.77
Total	31	3.0722					100.00

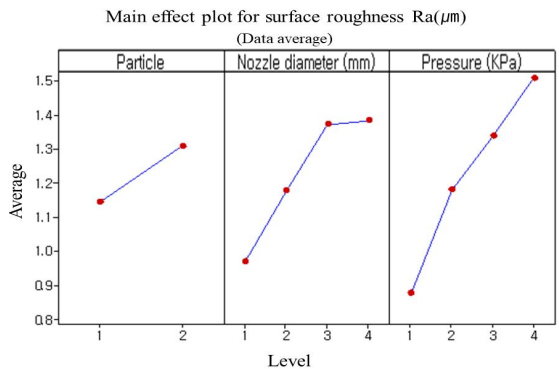


Fig. 13 Main effect analysis graph of surface roughness Ra

노즐 직경이  $\phi 1.16\text{mm}$ ,  $\phi 1.5\text{mm}$ 일 때 차이가 미비했다.

Fig. 10에서는 노즐 직경이  $\phi 1.16\text{mm}$ 이고 100KPa의 압력일 때 표면 거칠기가 감소하는 모습을 나타내었으나 이를 제외하고는 분사 압력이 증가할 때 표면 거칠기 Ra 값이 일정히 증가하는 모습이 나타났다.

Fig. 11과 Fig. 12는 분사 입자를  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 가공한 시편을 표면 거칠기 Ra에 관하여 정리한 그래프이다. Fig. 11은 노즐 직경을 기준으로 Fig. 12는 분사 압력에 따라 데이터를 그래프로 정리하였다.

Fig. 11에서는 25KPa에서 노즐 직경 1.5mm에서 값이 조금 떨어 졌으나 대체적으로 노즐 직경의 증가에 따라 표면 거칠기 Ra 값이 증가한다.

#### 4. 결론

본 연구는 평면 미세입자 분사가공과 나선형 곡면 미세입자 분사가공 시 인자들이 미치는 영향을 각각 분석하여 인자들의 영향이 어떻게 다른지 분석하였다. 주요 인자로는 분사 입자, 노즐 직경, 분사 압력을 선정하여 변수로 두어 총 32가지의 실험 조건을 만들어 실험을 진행하였으며, 데이터 분석은 분산분석을 이용하여 분석하였다.

1. 평면 미세입자 분사가공과 나선형 곡면 미세입자 분사가공 모두 주요인자의 P값이 0.000으로 실험에서 주요한 영향을 미치는 인자로 판명되었다.
2. 평면 미세입자 분사가공과 나선형 곡면 미세입자 분사가공 모두 주요인자의 영향력이 분사 압력(평면:40.50, 곡면:56.53) 노즐 직경(평면:29.36, 곡면: 29.55), 분사 입자(평면:21.05, 곡면:7.14) 순으로 높게 나타났다.
3. 분사 입자의 주효과도를 분석 비교하면 평면 미세입자 분사가공에서 SiC가 영향력이 더 높았던 반면 나선형 곡면 미세입자 분사가공에서는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 가 영향력이 더 높게 나왔다.
4. 노즐 직경의 주효과도를 분석 비교하면 평면 미세입자 분사가공에서는 인자의 값이 커질수록 영향력이 더 커지는 현상이 명확히 나타나는 반면 나선형 곡면 미세입자 분사가공에서는

노즐 직경이 증가하면 영향력이 증가하는 현상을  $\phi 1.16$ 까지는 명확히 나타났으나  $\phi 1.5$ 에서 영향력이  $\phi 1.16$ 과 비슷한 현상이 나타났다.

5. 분사 압력의 주효과도를 분석 비교하면 평면 미세입자 분사가공과 나선형 곡면 미세입자 분사가공 모두 인자가 증가할수록 영향력이 커지는 현상이 명확히 나타났다.

#### REFERENCES

1. Choi, S. Y., Hwang, C. U., Kwon, D. G., "Analysis of Machined Surface Morphology According to Changes of Surface Condition in Micro Particle Blasting", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 5, pp. 70-75, 2016.
2. Critchlow, G. W., Brewis, D. M., Emmony, D. C., Cottam, C. A., "Initial investigation into the effective of  $\text{CO}_2$ -laser treatment of aluminium for adhesive bonding", International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 15, Issue. 4, pp. 233-236, 1995.
3. Ryu, M. R., Lee, D. H., Lee, S. B., Park, J. H., Shim, J. J., "Study on Performance Experiment and Analysis of Aluminum Disc Brake," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 6, pp. 60-68, 2013.
4. Jang, H. S., Kim, H. S., Shin, K. H., "A Study on Performance Improvement of Electrical Discharge Machining for Producing Micro-holes Using a Shot Blasting Surface Treatment", The Korean Society for Technology of Plasticity, Vol. 21, No. 5, pp. 312-318, 2012.
5. Kwon, D. G., Wang, D. H., "Optimal Blasting Conditions for Surface Profile when Micro Particle Blasting by Statistical Analysis of Orthogonal Arrays", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 4, pp. 148-154, 2016.