

다구찌 기법을 이용한 유리소재의 블라스팅 가공공정의 최적화에 관한 연구

유우식*[†] · 김권흡** · 정영배*

*인천대학교 산업경영공학과

**연변대학교 기계과

A Study on the Optimization for the Blasting Process of Glass by Taguchi Method

Woo-Sik Yoo*[†] · Quan-Qia Jin** · Young-Bae Chung*

*Department of Industrial & Management Engineering, University of Incheon

**Department of Mechanical Engineering, University of Yanbian, China

The powder blasting process has become an important machining technique for the cost effective fabrication of micro devices. This process is similar to sand blasting, and effectively removes hard and brittle materials. A large number of investigations on the abrasive jet machining with such output parameters as material removal rate, penetration and surface roughness have been carried out and reported by various authors. To achieve higher surface roughness, to increase material removal rate and to identify the influence of blasting parameters on the output parameters, we use the taguchi method which is one of the design methods of experiments. We can select process parameters to optimize the blasting process of glass. Experimental results indicate that the taguchi method is useful as a robust design methodology for the powder blasting process.

Keywords : Taguchi Method, Powder Blasting, Surface Roughness, Material Removal

1. 서 론

파우더 블라스팅(powder blasting)은 고압의 가스에 의하여 가속된 100 μ m 이하의 미소 분사재를 노즐로부터 고속으로 분사하여 분사재의 충격력으로 재료를 가공하는 방법이다. 최근 평판 디스플레이의 급격한 발전에 따라 수십 혹은 수백 마이크로미터 단위의 구조물 성형을 위한 고정밀도의 기계적 에칭기법이 연구되고 있는데 파우더 블라스팅기법이 매우 효율적 방법으로 인식되기 시작했으며 연구 또한 활발히 진행되고 있다[5-7,

9-11]. 최근, 유기EL(Organic Electroluminescence)의 패키징 개발과정에서 기존의 금속캡을 대체하여 유리소재의 캡 즉, Glass Cap을 블라스팅공법을 도입하여 시제품을 제작할 수 있었는데 유리에 대한 블라스팅 가공 시 나타나는 미세 균열(crack) 때문에 제품의 강도 저하 현상이 발생하여 실용화에 문제점이 있다. 이러한 상황에서 Glass Cap의 제작은 화학적 에칭(etching)에 의존하고 있는데 에칭의 특성상 생산성과 정밀성 및 친환경성 측면에서 블라스팅 공법보다 열등한 것으로 판단되고 있다.

파우더 블라스팅을 위한 가공변수로는 분사재의 분사

[†] 교신저자 wsyoo@incheon.ac.kr

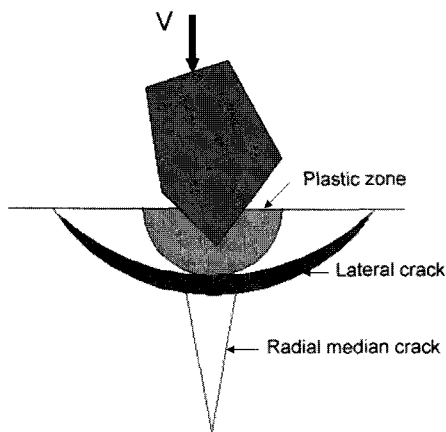
압력, 분사속도, 분사재의 재질과 크기, 분사재의 분사량, 노즐과 피삭재 사이의 거리 등이 있으며 가공의 정밀도와 가공능률 향상을 위해서 적절한 조건을 선택하여야 한다. 기존의 연구를 살펴보면 주로 가공의 정밀도와 가공능률의 향상을 위한 연구가 많이 이루어졌다. Jain et al.[7]은 파우더블라스팅 가공공법을 이용한 금속재료의 표면거칠기와 재료제거량의 예측모델에 관한 연구를 수행하였으며, Jain et al.[6]은 신경회로망 기법을 이용하여 가공시편의 표면거칠기와 재료제거량의 최적조건선정에 관한 연구를 수행하였다. 국내에서는 박동삼 등[1, 3]에 의하여 유리시편의 미세형상가공에 대한 연구가 이루어졌다. 그러나 유리시편에 대한 분사가공 조건의 미세균열로 인한 파괴강도 저하에 대한 연구는 거의 없는 상황이다.

본 연구에서는 블라스팅 공법을 이용하여 유리가공시 가공 공정변수가 가공정밀도와 가공능률 뿐만 아니라 미세균열로 인한 파괴강도의 영향을 규명하므로써 가공변수가 유리의 재료제거량, 표면거칠기, 유리의 파괴강도등에 미치는 영향을 다구찌 기법을 이용하여 통계적 방법으로 분석하고, 다구찌 기법을 이용하여 최적의 가공조건을 선정하고 최적의 가공조건에서 재료제거량, 표면거칠기 및 파괴강도를 예측하여 실제 측정결과와 비교분석하여 그 유효성을 평가하고자 한다.

2. 파우더 블라스팅의 가공기구 및 기본원리

2.1 파우더 블라스팅의 가공기구

파우더 블라스팅의 가공기구에 관하여 기본적으로 Marshall et al.[10]에 의하여 제안된 압입이론(indentation theory)을 이용하여 파우더 블라스팅시 고체 미립자에 의



<그림 1> 미세크랙의 생성과정

한 충격과 경도시험시 압입사이의 유사성에 기초한 해석모델을 제시하였다. 비교적 최근에 제안된 Slikkeryeer [11]의 모델에 따르면, <그림 1>과 같이 날카로운 인덴터 팁의 압입시 팁 아래 부분에서 압축응력에 의하여 소성변형영역이 형성되는데 하중이 증가할수록 소성영역도 증가하여 결국에는 표면과 수직인 방향으로 반경/중앙 균열이 형성된다. 이때 측면 균열은 표면의 결합 발생과 연관성을 갖는 것으로 가정할 수 있으며 가공깊이가 깊어질 경우 가공을 촉진하는 역할도 한다.

소재의 제거 즉 가공과 관련되는 측면 균열의 길이 l_c 와 깊이 d_c 는 다음과 같이 유도된다.

$$l_c \propto \frac{E^{3/8} H^{1/8} \Delta V^{5/12}}{K_c^{1/2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$d_c \propto \left(\frac{E}{H}\right)^{1/2} \Delta V^{1/3} \dots\dots\dots (2)$$

블라스팅 입자가 충돌하는 동안 모든 운동에너지가 소성변형으로 흡수된다고 가정할 수 있는데 이는 아주 높은 하중상태 아래서는 탄성변형이나 크랙 생성에 소요되는 에너지는 소성변형에 필요한 에너지에 비하여 5% 이하로 아주 작기 때문이다.

한편, 미립분사재의 단위 무게 당 제거되는 소재무게의 비로서 정의되는 가공률(erosion rate) Q 는 각각의 분사재 입자가 측면균열의 깊이 d_c 와 측면균열 자체의 표면적에 비례하여 소재의 각 입자들을 제거한다고 가정할 때 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다[5].

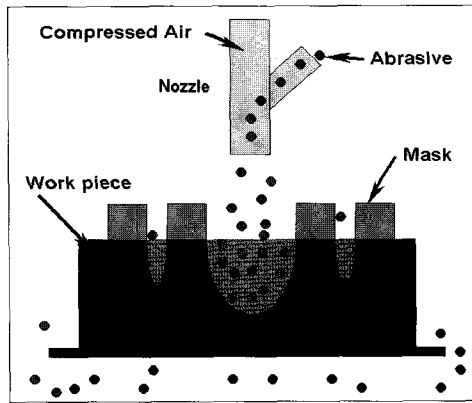
$$Q \propto \pi l_c^2 d_c \propto \frac{\rho^t E^{5/4}}{H^{17/12} K_c} \rho_p^{1/6} r_p^{1/2} v_p^{7/3} \dots\dots\dots (3)$$

식 (3)로부터 가공률은 두 개의 파라미터군으로 구성된다는 것을 알 수 있는데 앞부분은 가공하고자 하는 소재에, 뒷부분은 가공공정 변수들에 영향을 받는 요소가 된다.

2.2 파우더 블라스팅의 기본원리

파우더 블라스팅의 기본원리를 <그림 2>에 나타내었다. 분사재는 입자의 크기가 3~30 μ m인 알루미나를 주로 사용하는데 입자들은 노즐에서 1~5기압의 공기로 가속되어 약 80~200m/sec의 속도로 공작물에 충돌되면서 표면 부식을 일으키게 된다. 부식을 원하지 않는 부분은 설계된 패턴형상을 갖는 마스크로 보호를 한 상태에서 가공하게 되는데, 노즐을 좌우 혹은 전후로 주사하면 아주 작으며 복잡한 형상뿐만 아니라 높은 세장비

의 부식도 가능하게 된다. 부식의 깊이는 주사 횟수를 조절함으로써 제어가 가능하다.



<그림 2> 파우더 블라스팅 가공의 기본원리

여기서 y_i 는 실험에서 얻어진 데이터이고 \bar{y} 는 데이터의 평균, σ 는 표준 편차를 나타내고 n 은 실험횟수이다.

블라스팅 가공에서 평가특성치는 시편의 표면품질을 나타내는 표면거칠기와 파괴강도, 그리고 가공효율과 밀접한 관계가 있는 재료 제거량으로 나타낼수 있다. 이때 표면거칠기는 망소특성으로 가공시편의 기계적 특성을 나타내는 파괴강도는 크면 클수록 좋으므로 망대 특성을 이용하여 특성치를 계산하였다. 또한 재료 제거량은 망대특성에 해당한다.

본 논문에서는 제어 가능한 가공조건 인자들을 설정하여 직교배열표에 의하여 실험을 하고, 품질 특정에 의한 신호 대 잡음비를 계산하여 최대의 S/N비를 나타내는 인자를 찾아내어 가공결과에 가장 큰 영향을 미치는 인자부터 우선 결정한 후 각 가공인자별 최적의 가공조건을 선정하는 절차를 설명하고 검증실험을 실시하였다.

3. Taguchi 방법에 의한 실험계획

다구찌 기법은 신호대 잡음비(S/N Ratio ; signal to noise ratio)의 개념을 파라미터 설계에서 제품의 품질변동을 평가하는 방법에 이용하였다. 이 기법은 많은 제어인자를 가지는 실험에서 아주 적은 수의 실험횟수만을 가지고도 비교적 최적에 근사한 가공조건을 찾아내는데 성공적인 방법으로 평가되고 있다. 또한 다구찌 실험계획은 직교배열표가 실험배치에 아주 유용하므로 이를 이용하면 인자 자신의 효과뿐만 아니라 인자들끼리 상호 관련성을 알아볼 수 있다.

다구찌기법에서 파라미터는 제품성능의 특성치에 영향을 주는 제어가능한 인자를 의미하며 파라미터 설계는 이들의 인자들을 정하여 주는 것을 말한다. 다구찌 기법에서 평가 특성치는 다음과 같이 세 가지로 분류된다.

- (1) 망목특성 : 특정한 목표치가 주어져 있는 경우

$$SN = 20 \log \left(\frac{\bar{y}}{\sigma} \right) \dots \dots \dots (4)$$

- (2) 망소특성 : 특성치가 작을수록 좋은 경우

$$SN = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots \dots \dots (5)$$

- (3) 망대특성 : 특성치가 클수록 좋은 경우

$$SN = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \dots \dots \dots (6)$$

3.1 제어인자와 수준

파우더 블라스팅을 위한 가공변수로는 분사재의 분사압력, 분사속도, 분사재의 재질과 크기, 분사재의 분사량, 노즐과 가공시편의 거리, 분사각도 등이 있으며 가공의 정밀도와 가공능률 향상을 위해서 적절한 조건을 선택하지 않으면 안 된다.

<표 1> 블라스팅 가공의 제어인자와 수준

Factors	Code	Level		
		1	2	3
Q : 분사량(g/min)	A	60	100	
P : 분사압력(MPa)	B	0.1	0.25	0.4
f : 분사속도(mm/s)	C	50	100	150
Constant factors		Abrasive : WA# 600 Angle of impact : 90° Distance of Nozzle : 100mm		

본 연구에서는 많은 가공조건들 중에서 노즐과 가공시편의 거리, 분사재의 재질과 크기, 분사각도 등을 고정하고 블라스팅 가공에서 제어가 가장 쉬운 분사압력, 분사속도, 분사량을 제어인자로 설정하였다. 각각의 제어인자는 실제가공에서 가장 많이 사용되는 값을 선정하여 수준을 정의 하였다. <표 1>은 블라스팅 가공의 제어인자와 수준을 나타낸다. 3개의 제어인자를 갖고, 수준은 2수준 1개와 3수준 2개의 조합은 $2 \times 3^2 = 18$ 이므로 최적조건의 선정을 위하여 모두 18번의 실험이 필요하다.

3.2 직교 배열표

다구찌 기법에서 직교배열표를 사용하므로 적은 횟수의 실험으로 본 연구의 목적에 맞는 실험결과를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 $L_9(3^4)$ 직교배열표를 사용하였다. 본 실험에서 분사량의 수준은 2수준이므로 2수준 중에서 분사량 100g/min을 반복시켜서 세 번째 수준으로 하여 가수준법을 사용하여 <표 2>와 같이 배열하였다.

<표 2> $L_9(3^4)$ 직교배열표

Exp. No.	실험행렬조건			error
	A (분사량)	B (분사압력)	C (분사속도)	
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	2'	1	3	2
8	2'	2	1	3
9	2'	3	2	1

4. 실험장치 및 방법

4.1 실험장치

본 실험에서 사용된 장비로는 일본 신토(Sinto)에서 제작된 블라스트 가공기 Micro Blaster(MB-1)를 사용하였으며 일반적인 샌드블라스터와는 달리 정량공급 장치가 장착되어 있어 일정량의 분사재를 공급할 수 있도록 되어있는 장비이다. <그림 3>은 본 실험에서 사용된 장비를 나타낸다.



<그림 3> 파우더 블라스팅 가공장비

4.2 시편 및 실험방법

본 실험에서 사용한 시편은 일반적인 SLIDE GLASS로 Menzel사 제품이며 규격은 ISO Norm 8037/1에 근거하여 제작된 시편을 사용하였다. 시편크기는 1.0mm × 26mm × 76mm(W×H×L)이다. 실험에서 사용된 미립분사재는 알루미늄의 일종인 WA#600이다. 블라스팅 가공의 가공조건은 <표 1>에 나타난 바와 같고 실험은 <표 2>와 같이 직교 배열표를 이용하여 9번을 수행하였다. 시편은 각 조건에서 7장씩 가공하여 평균치를 산출하였다.

<표 3> 특성치 계측장비 및 방법

특성치	계측장비	계측방법	단위
표면거칠기 (surface Roughness)	미세형상측정기 (Veeco NT1000) 공구현미경(KT100 High Scope)	시편의 표면을 계측하여 거칠기의 평균 높이로 표시한다	μm
재료제거량 (Material Removal)	0.01mg 정밀천칭	분사가공전후의 무게를 계측하여 제거된 무게를 측정한다	g
파괴강도 (Fracture Force)	CNC머시닝센터 (SIRUS-2화천) 공구동력계 (Kistler 9272) A/D 컨버터 (PCMCIA DAQ-Card 1200, NI)	파단 시험을 위하여 CNC 머시닝센터의 드릴척에 끝단이 구인 환봉을 고정하고 주축에 아래 방향으로 100mm/s의 속도로 이송을 하여 유리시편을 파괴시켰다. 공구동력계 위에 시편 고정용 지그를 설치하고 AE 센서(NF Co.)를 부착하여 파괴시험 동안 Z축 방향의 파단력을 계측한다	N

본 실험에서는 <표 3>과 같은 장비와 방법으로 블라스팅 가공의 특성치인 표면 거칠기, 재료 제거량, 파괴강도 등을 계측하였다.

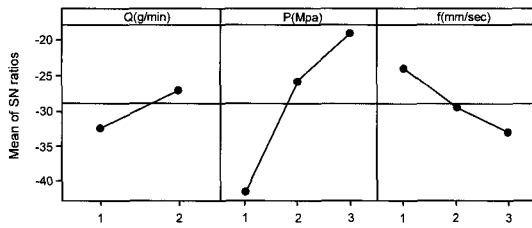
5. 실험결과 및 고찰

5.1 실험결과 분석

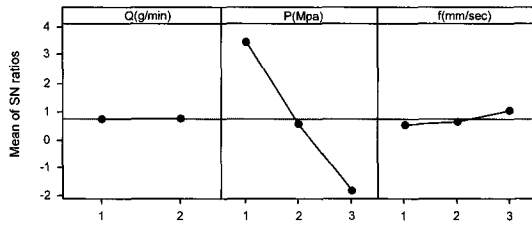
<표 4>는 각 실험회수에서 산출한 측정치를 평균으로 산출한 결과를 나타낸다. <표 4>에서 표면거칠기는 반응값이 작을수록 좋으므로 망소특성을 이용하여 S/N비를 산출하고 재료제거량과 파괴강도는 반응값이 클수록 좋으므로 망대특성을 이용하여 S/N비를 산출하였다.

<표 4> 각인자의 S/N비(실험결과)

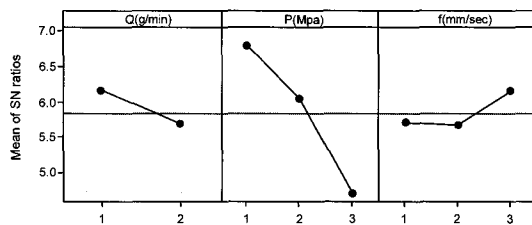
Trial no.	(MR)	S/N비(dB) (Ra)	(F)
1	-40.000	3.236	7.094
2	-30.458	0.346	5.792
3	-26.745	-1.364	5.616
4	-40.000	3.427	6.620
5	-27.959	0.915	6.184
6	-12.396	-2.076	3.929
7	-44.437	3.609	6.673
8	-19.494	0.446	6.129
9	-17.856	-1.798	4.619



(a) S/N ratios for Material Removal



(b) S/N ratios for Surface Roughness



(c) S/N ratios for Fracture Force

<그림 4> 인자에 대한 S/N비

<그림 4>(a)는 재료 제거량의 S/N비 분석결과를 나타낸다. <그림 4>(a)에서 S/N비의 차이가 클수록 인자에 더 큰 영향을 미친다. 그림에서 재료 제거량에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 분사압력이고 다음은 분사속도와 분사량으로 나타난다. <그림 4>의 (a), (b)에서는 각각 시편의 표면거칠기와 인장강도의 S/N비 분석결과를 나타낸다. 그림에서 나타난 반응값으로부터 재료 제거량과 표면 거칠기에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 분사압력,

분사속도, 분사량으로 나타난다. 파괴강도의 경우 분사압력, 분사량, 분사속도 순위로 나타났다. 여기에서 재료 제거량과 파괴강도는 커야하며 표면 거칠기는 작으면 좋다. 재료 제거량은 망대특성이므로 측정치를 최대에 하는 조건은 분사량 A2(100g/min), 분사압력 B3(0.4 Mpa), 분사속도 C1(50mm/s)이다. 표면 거칠기는 망소특성이므로 측정치를 최소로 하는 조건은 분사량 A2(100g/min), 분사압력 B1(0.1 Mpa), 분사속도 C3(150mm/s)이다. 파괴강도는 망대특성이므로 측정치를 최대에 하는 조건은 분사량 A1(60g/min), 분사압력 B1(0.1 Mpa), 분사속도 C3(150mm/s)이다. 따라서 분사압력을 크게 하면 재료 제거량이 증가하는 반면 표면 거칠기와 파괴강도에 나쁜 영향을 미친다.

종합적인 차원에서 표면거칠기를 줄이고 파괴강도를 높이기 위하여 분사압력을 적게하고 분사량과 분사속도를 적절히 조절하는 것이 바람직하다. 따라서 각 인자가 미치는 영향의 유의수준을 알아보기 위하여 S/N비에 의한 분산분석을 수행하였다.

<표 5> 재료제거량에 대한 S/N비 분산분석

Source	SS	DF	MS	F ₀	F _{0.95}	F _{0.99}
A	57.83	1	57.83	238.6**	10.1	34.1
B	794.48	2	397.24	1639.2**	9.55	30.8
C	125.51	2	62.75	258.9**	9.55	30.8
error	0.72	3	0.24			
total	978.55	8				

<표 6> 표면거칠기에 대한 S/N비 분산분석

Source	SS	DF	MS	F ₀	F _{0.95}	F _{0.99}
A	0.04	1	0.04	1.7	10.1	34.1
B	40.24	2	20.118	838.25**	9.55	30.8
C	0.44	2	0.22	9.17	9.55	30.8
error	0.072	3	0.024			
total	40.79	8				

<표 7> 파괴강도에 대한 S/N비 분산분석

Source	SS	DF	MS	F ₀	F _{0.95}	F _{0.99}
A	0.451	1	0.451	1.72	10.1	34.1
B	6.606	2	3.303	12.61*	9.55	30.8
C	0.427	2	0.214	0.815	9.55	30.8
error	0.786	3	0.26			
total	8.27	8				

<표 5>, <표 6>, <표 7>은 각각 재료제거량, 표면거칠기, 가공시편의 파괴강도의 S/N비에 대한 분산분석

결과를 나타낸다. 여기서 SS는 각 인자별 제곱합, DF는 각 인자별 자유도, MS는 제곱 평균, F₀는 제곱평균비를 나타낸다.

S/N비에 대한 분석결과 F검정을 통하여 시편의 재료 제거량은 블라스팅가공의 분사량, 분사압력, 분사속도가 모두 유의수준 1%에서 유의한 것으로 나타난다. 또한 표면거칠기의 경우 분사압력은 유의수준 1%에서 유의하고 분사속도는 유의수준 10%에서 유의한 것으로 나타났다. 또한 파괴강도의 경우 분사압력은 유의수준 5%에서 유의하고 분사량과 분사속도는 유의하지 않은 것으로 나타난다.

최적조건의 선정에서 가공시편의 품질과 기계적특성을 우선으로 하여 분사압력을 B1으로 선정하고, 분사량의 경우 표면거칠기와 파괴강도에 유의하지 않으므로 가공효율을 고려하여 A2로 선정하였다. 마지막으로 분사속도는 파괴강도에 유의하지 않으며 표면거칠기는 유의수준 10%에 유의한다. 그러나 표면거칠기에서 각인자들이 표면거칠기에 미치는 정도를 기여율로 계산한 결과 분사압력이 98.53%의 기여율을 갖고 분사속도의 경우 0.96%밖에 안되므로 분사속도는 C1로 선정하였다. <표 8>은 모든 인자에 대한 최적조건을 나타낸다.

<표 8> 최적의 블라스팅 가공조건

Factors	Code	Condition
분사량(g/min)	A2	100
분사압력(MPa)	B1	0.1
분사속도(mm/s)	C1	50

5.2 최적조건의 예측결과 및 검증

S/N비의 분산분석결과 표면거칠기를 최소화하고 파괴강도와 재료제거량을 최대화하는 수준조합으로 <표 8>에 나타낸다. 따라서 최적수준의 조합은 A2B1C1이므로 이로부터 S/N비를 이용한 표면거칠기의 예측은 다음과 같다.

$$\eta_{OP} = \bar{\eta} + (A2 - \bar{\eta}) + (B1 - \bar{\eta}) + (C1 - \bar{\eta}) = 3.2153 \dots (7)$$

위 식에서 $\bar{\eta}$ 는 S/N비의 평균값이고, η_{OP} 는 최적의 S/N비 예측값을 표시한다.

표면거칠기의 경우 망소특성의 식 (5)에 의하여

$$Ra = 10^{-\eta_{OP}/20} = 0.691 \mu m \dots (8)$$

같은 방법으로 재료제거량과 파괴강도를 망대특성의 식 (6)을 이용하여 예측할 수 있다.

예측결과를 검증하고 위의 최적 가공조건을 분사속도 C2, C3으로 하였을 때와 비교하기 위하여 최적의 가공조건과 같은 조건에서 분사속도를 C2, C3으로 하여 확인실험을 수행하고 예측결과와 신뢰성을 평가하기 위하여 95%의 신뢰구간 추정을 하였다.

95%의 신뢰구간 추정식은 아래와 같다.

$$\pm t(DF_E; \frac{\alpha}{2}) \sqrt{\frac{MS_E}{n_e}} \dots (9)$$

위 식에서 n_e 는 유효반복수이다.

위에서 예측한 각 인자의 예측치와 식 (9)로부터 구한 각 인자의 95%의 신뢰구간을 확인 실험을 통해 측정된 실제데이터와의 비교를 <표 8>에서 나타낸다.

<표 9>로부터 예측결과와 실제 측정결과가 95% 신뢰구간에 있는 것으로 나타났다. 최적가공 조건에서 재료제거량은 0.018g, 표면 거칠기는 0.695 μ m, 파괴강도는 2.158로 나타났다. 재료제거량의 경우 A2B1C2와 A2B1C3에 비해 각각 33%, 67% 정도 증가되었으며, 표면거칠기의 경우 A2B1C3에 비해 0.03 μ m(5%)정도 커졌지만 이 정도의 차이는 거의 무시하여도 되는 상황이다. 파괴강도는 거의 변화가 나타나지 않았다. 따라서 최적가공조건 선정에서 분사속도를 C1로 선정하는 것이 바람직함을 확인하였다.

<표 9> 실제 측정데이터와 예측결과 비교

조건	예측값	실제측정값	
A2B1C1	Material removal(g)	0.0183 ±0.003	0.018
	Surface roughness(μ m)	0.691 ±0.031	0.695
	Fracture force(N)	2.114 ±0.288	2.158
A2B1C2	Material removal(g)	0.01 ±0.003	0.012
	Surface roughness(μ m)	0.681 ±0.031	0.674
	Fracture force(N)	2.105 ±0.288	2.143
A2B1C3	Material removal(g)	0.006 ±0.003	0.006
	Surface roughness(μ m)	0.651 ±0.031	0.660
	Fracture force(N)	2.225 ±0.288	2.156

이로써 파우더 블라스팅을 이용한 유리가공에서 다구찌 실험계획법을 통해서 제한된 조건범위에서 표면거칠

기, 재료제거량, 가공시편의 파괴강도 예측이 가능할 뿐만 아니라 최적조건의 선정이 가능하다.

6. 결 론

본 연구에서는 다구찌 방법을 이용하여 파우더 블라스팅 기법으로 유리표면의 블라스팅가공 시 블라스팅 공정변수가 시편 표면에 미치는 영향을 규명하였다. 또한 S/N 비를 이용하여 공정변수가 재료제거량, 표면거칠기, 파괴강도에 미치는 영향에 대하여 알아보고 각 가공조건에서 재료제거량, 표면거칠기, 가공시편의 파괴강도를 예측하고 최적가공조건을 선정하여 예측결과와 실제측정결과를 비교분석하였다. 이를 통하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 본 실험결과로부터 시편표면의 재료제거량은 분사속도가 증가함에 따라 줄어들며 분사압력의 증가에 증가한다. 재료제거량은 여러개의 가공조건 중 분사압력이 가장 큰 영향을 미친다.
- (2) 표면거칠기에 대한 S/N비 분석결과 분사량이 표면거칠기에 미치는 영향이 가장 적으며 분사압력이 표면거칠기에 가장 큰 영향을 미치고 다음으로는 분사속도이다.
- (3) 시편 파괴강도의 S/N비 분석결과 파괴강도에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 분사압력이고, 분사속도와 분사량은 파괴강도에 거의 영향을 미치지 않는다.

이로서 다구찌 기법을 이용하여 파우더 블라스팅가공 중 표면거칠기, 재료제거량, 파괴강도 예측이 가능할 뿐만 아니라 최적조건의 선정이 가능하게 되었다.

참고문헌

- [1] 박경호, 오영탁, 박동삼; "Powder Blasting에 의한 미세 포켓의 기계적 에칭", 한국정밀공학회지, 19(1) : 219-226, 2002.
- [2] 박성현; 현대실험계획법, 민영사, pp. 563-580, 1993.
- [3] 최종순, 박경호, 박동삼; "Micro Abrasive Jet Machining을 이용한 유리의 미세 홈 가공", 한국정밀공학회지, 18(10) : 178-183, 2001.
- [4] 홍정의; "다구찌 방법과 신경회로망을 이용한 사출성형 가공공저의 최적 가공조건 선정에 관한 연구", 한국경영시스템학회지, 25(2) : 71-72, 2002.
- [5] Henk Wensink, Berenshot, U. W., Jan seu, H. V., and Elwenspoek, M. C.; "High Resolution Powder Blast Micromachining," Proceedings of the IEEE Micro Electro Mechanical Systems 2000, pp. 769-774, 2000.
- [6] Jain, R. K., Jain, V. K., and Kalra, P. K.; "Modelling of Abrasive Flow Machining Process : A Neural Network Approach," *Wear*, 231 : 242-248, 1999.
- [7] Jain, V. K. and Adsul, S. G.; "Experimental Investigation into Abrasive Flow Machining," *Int. J. Machine Tool, & manufacture*, 40 : 1003-1021, 2000.
- [8] Kim, J.-S.; "Application of Taguchi and response surface methodologies for geometric error in surface grinding process," *Int. J. Machine Tools, & Manufacture*, 45 : 327-334, 2005.
- [9] Lighthart, H. J., Slikkerveer, P. J., In't Verd, F. H.; "Glass and Glass Machining in Zeus Panels," *Philips J. Res.*, 50(3/40) : 475-499, 1996.
- [10] Marshall, D. B., Lawn, B. R., and Evans, A. G.; "Elastic/Plastic indentation damage in ceramics : the lateral crack system," *J. Am. Ceram. Soc.*, 65 : 561-566, 1982.
- [11] Slikkerveer, P. J., Bouten, P. C. P., and deHaas, F. C. M.; "High quality mechanical etching of brittle materials by powder blasting," *Sensors and Actuators*, 85 : 296-303, 2000.

[1] 박경호, 오영탁, 박동삼; "Powder Blasting에 의한