

## 작업환경개선을 위한 석재가공업 연마공정의 다축마석연마장치 개발

### Development of the multi axis whetstone polishing system of the stone polishing process for the work environment improvement

강지호 \*  
Kang, Ji-Ho

#### <Abstract>

It used the flow system of the stone polishing machine head and it developed a multi axis whetstone polishing system. With the result, the defect by line contact polishing does not occur in both ends of the stone, and it came to trim smoothly. As the index of the surface roughness decreased to 3.6 times, the polishing effect improved greatly.

It decreased greatly the dust and a noise with the wet polishing, and the factors of the duty evasion at production site were solved with the work environment improvement against the polishing process of the stone industry and work intensive reduction.

#### 1.서론

석재가공업의 석재표면을 매끄럽게 다듬거나 거칠게 다듬은 표면가공공정은 석재 고유의 색상과 내구성을 유지시켜주는 중요한 단계로서 연마, 화염버너, 워터젯 등의 가공방법이 있다[1,2]. 특히 석재표면을 다듬을 때 소음과 분진이 노출기준을 초과하고 있으며 또한 고열취급에 따른 화상, 파편타박상 등 재해위험이 매우 높은 공정이라고 인식되어 석재가공업체로 취업하기를 기피하고 있는 실정이다[3]. 그러나 아직도 많은 석재가공업체들은 기존의 재래식 방법인 수동연마와 화염버너작업으로 석재 표면을 다듬질하고 있다. 이 작업방법은 작업자가 직접 분진 및 소음, 화염에 노출되는 재해위험 및 중량물을 이송하는 고된 작업까지 병행하고 있어 노동강도 또한 타 제조업에 비해 높은 편이다.

특히 화염버너작업은 암석의 조암광물들의 열팽창 차이를 이용 석재의 표면을 고온 처리하여 석영질 입자를 튀어내는 방법이다. 이 가공방법에 사용되는 석재의 두께를 최소 30mm 고려하여야하기 때문에 박판재 생산은 불가능하다[4,5]. 이와 같이 많은 단점이 있는데도 불구하고 화염버너작업을 많이 채택하고 있는 이유는 석재표면 다듬은

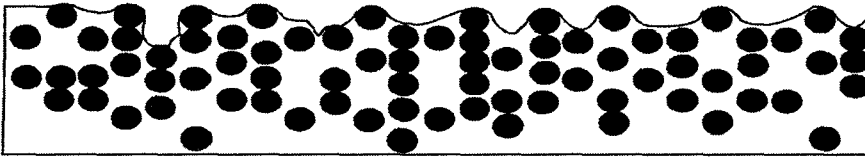
\* 군장대학 산업경영과 교수

작업이 아주 간단하고 다듬은 장치가 저렴하기 때문이다.

본 연구에서는 화염버너작업과 수동 및 메탈연마작업의 열악한 작업환경을 개선하고 수가공 인력을 대체할 수 있도록 공정을 자동화하고 작업자의 안전을 보장하고 석재의 품질과 생산성을 증가시킬 수 있는 석재 연마기 헤드의 연마숫돌 유동장치를 이용한 다축마석연마장치 개발에 역점을 두었다.

## 2. 석재 표면처리공정

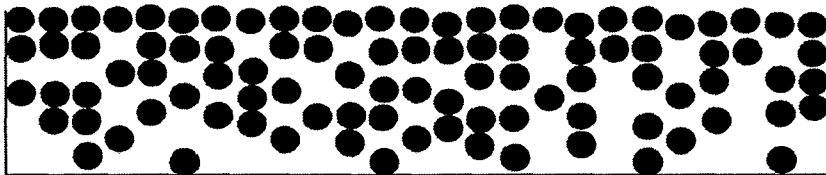
화염버너처리방법은 <그림 1>과 같이 석재 구성입자 중 장식성분을 노출시키고 석영 입자는 오목하게 빠져나간다. 오목한 부분으로 빗물과 바람 등을 쉽게 흡수됨으로서 온도의 변화가 심할 때 수축팽창이 가속화되어 파손되는 부위가 크게 늘어나는 구조적인 단점이 있다.



<그림 1> 화염버너처리로 다듬은 석재표면 모습

연마에 의한 석재 표면 다듬은 작업은 외부풍화에 가장 크게 저항할 수 있는 방법으로 연마과정을 통하여 기공이 막혀짐으로 방수처리가 이루어진다. <그림 2>와 같이 석재의 표면을 비정질화 또는 미세정질화함으로써 표면층의 공극을 보다 적게 할 수 있어 훼손되는 일이 없으며 세척으로 인한 2차 석재오염을 감소시킬 수 있다[4].

기존 메탈연마기는 평면질삭은 습식연마로 광택연마는 브로워로 물을 제거한 다음 건식연마를 하게 된다. 광택판을 석재표면에 고속 회전시키면서 약 100℃의 열을 발생시켜 광택을 내는데 열에 의해 석분진이 탄 상태로 변해 석재표면이 원색보다 약간 어둡게 변하며 다량의 분진이 발생하게 되는 단점이 있다.



<그림 2> 연마방법으로 다듬은 석재표면 모습

기존 메탈연마기는 먼 접촉이 이루어지게 되므로 부하가 많이 걸리고 석재표면을 과도하게 갈아내어 매끄러운 연마가 안되며 또는 양쪽으로 흡이나 편마모 현상이 발생되어 품질저하요인 지적되어 경제성 및 효율성이 떨어져 제한적으로 이용되고 있는 실정인

다. 이러한 문제점들이 화염버너처리방법을 선호하는 요인으로 지적되고 있다.

따라서 기존 석재표면을 다듬은 화염처리와 수동 및 메탈연마기의 작업방법을 대체하여 현장직무기피요인을 해소하고 연마효과가 뛰어난 새로운 석재 연마기 헤드의 연마숫돌 유동장치와 원터치감지위치제어장치를 이용한 마석연마기 개발이 시급하다.

### 3. 다축마석연마장치의 개발

본 연구에서는 석재연마기 헤드의 연마숫돌 유동장치와 원터치감지식 위치제어장치에 의해 일련의 연속자동연마작업이 가능한 다축마석연마장치를 개발한다. 따라서 석재가 공업의 현장직무기피요인을 해소하고 화염처리로 가공한 석재를 사용한 후에 발생하는 2차 오염을 방지하며, 생산성과 품질향상 및 원가절감으로 석재산업을 경쟁력있는 산업으로 육성하고 생산현장으로 인력유입을 촉진할 수 있다.

#### 3.1 석재연마기 헤드의 유동장치

다축마석연마장치는 헤드의 연마숫돌 유동장치 하부에 부착된 4개 연마숫돌을 편심돌기로 좌,우 유동시켜 석재표면과 중앙으로 양쪽에 약5도의 등근 연마숫돌이 선 접촉으로 표면 연마가 가능하도록 설계한다. 연마헤드의 편심돌기가 형성된 워휠 고정체와 결합시켜 워휠이 워기어를 타고 회전하도록 설계한다. 숫돌연마 교환이 편리하고 삽입 체결방식을 채용하여 생산성을 높인다.

연마효과를 극대화하기 위해 새로 개발된 다축마석연마장치는 편심돌기가 형성된 워휠을 워휠 고정체에 결합시켜 워휠 고정체가 헤드의 몸체와 함께 회전되게 하고 워휠이 결합된 워기어는 고정시켜 워휠이 워기어를 타고 회전되게 하며 워휠의 편심돌기에는 연결링크를 통하여 회전체를 좌, 우 유동시키게 하고 상기 회전체에 구조에 의거 연마숫돌을 좌우 유동시킬 수 있도록 하였다.

이 마석연마기는 본체가 좌우로 암이 회전하므로 석판재위에서 마석연마재가 원호를 그리면서 선 접촉연마를 하게 된다. 따라서 석재와 마석연마재는 선 형태로 석재표면을 가공하기 때문에 석재의 양끝에는 전혀 스크래치가 발생하지 않아 매끄럽게 다듬어지고 표면거칠기 값이 낮아 연마 광택을 얻을 수 있다.

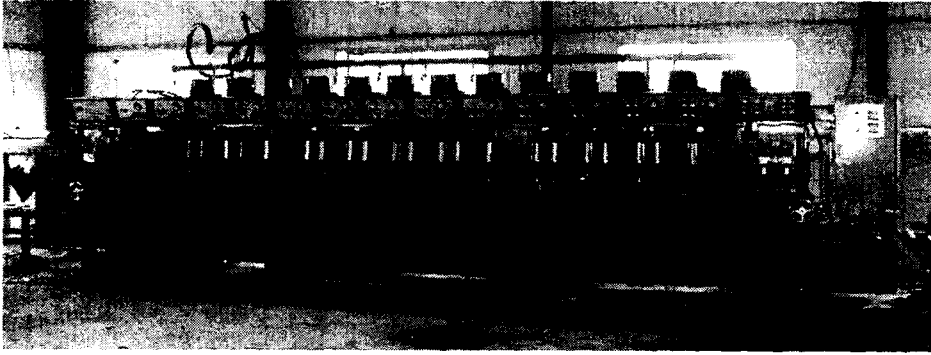
#### 3.2 원터치감지식 위치제어장치

본 연구에서는 연속연마작업이 가능한 원터치감지식 위치제어방식을 고안하여 석재를 같이 양끝 2곳에서 동시 감지하도록 함으로써 절단하지 않고 연마작업을 할 수 있어 절단작업시간이 필요 없으며 석제품손실이 적어 생산성과 원가절감이 가능하다. 원터치감지식 위치제어방식은 석제품이 컨베이어벨트로 이동될때 PLC에 미리 감지리미트에서 1번 헤드부터 10번 헤드까지의 거리를 미리 입력하여 프로그램을 만들고 석제품이 이동하면 감지리미트가 자동 감지하여 프로그램에 의하여 자동으로 연속연마작업이 가능하도록 설계하였다.

### 3.3 다축마석연마장치의 개발

연마숫돌의 좌우 유동을 안정적으로 작동시킬 수 있는 석재연마기 헤드의 연마숫돌 유동장치와 원터치감지식 위치제어장치를 이용한 새로운 다축마석연마장치를 개발함으로써 석재의 내구성을 증대시키고, 생산성과 품질향상, 오염방지, 소음과 특히 분진을 획기적으로 제거시킬 수 있다.

<그림 3>은 실제 개발완료하여 석재가공업 생산현장에 설치한 다축마석연마장치이며 가공할 석재를 캐비넷 앞의 컨베이어벨트에 올려놓으면 일정속도로 이동되어 원터치 감지위치제어장치가 PLC로 각각 1번부터 10번 헤드까지의 거리를 입력하여 프로그램을 만든다. 석제품이 연마실로 진입되면 입력된 프로그램에 따라 각각 용도별로 헤드의 연마숫돌 유동장치에 부착된 금강석 연마숫돌이 편심돌기로 회전하면서 석재표면을 매끄럽게 다듬질한다. 매끄럽게 광택된 석제품은 캐비넷 밖으로 나오게 한다.



<그림 3> 석재연마기 헤드의 유동장치를 이용한 다축마석연마장치

## 4. 다축마석연마장치에 의한 석제품 품질특성 비교분석

### 4.1 표면처리 제품의 표면거칠기 비교

모든 공학표면(engineering surface)은 고유하게 의도된 공학적 기능을 갖고 있으며 표면의 거칠기나 고운정도, 즉 표면거칠기(surface roughness)가 공학적 기능 더 나아가서는 부품의 성능에 영향을 미치게 된다. 일반적으로 표면이 매끄럽다 또는 거칠다 하는 개념은 상대적인 것이며 추상적으로 표면을 평가하는 방법이다. 흔히 표면의 매끄러운 정도를 측정하여 숫자로 개량화한 것을 표면거칠기 값이다.

한국산업규격(KSB 0161)에서 표면거칠기를 나타내는 파라미터인 산술 평균거칠기 ( $R_a$ )는 다음 (1)식에 의하여 구한다. 구해지는 값을 마이크로미터( $\mu\text{m}$ )로 나타낸다.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx \quad (1)$$

### 4.2 분석결과

본 측정시험에서는 100×100×20mm의 시험편을 3개씩 준비하여 측침식 표면거칠기 측

정기로 측정하였다. 각 시험편의 표면을 마석연마제와 메탈연마제로 표면을 연마한 후 각 시험편의 표면을 9등분하여 시험편당 5 point 씩 측정한 결과를 평균하여 구하였다.

<표 1>에서 황등석의 마석연마로 가공한 석판재는 평균거칠기가 0.412  $\mu\text{m}$  메탈연마로 가공한 석판재는 1.511  $\mu\text{m}$ 로 측정되어 무려 3.6배 정도가 마석연마로 가공한 석제품이 광도가 우수한 것으로 나타났다.

구분	메탈연마 측정값		마석연마 측정값	
	$R_a(\mu\text{m})$	$R_z(\mu\text{m})$	$R_a(\mu\text{m})$	$R_z(\mu\text{m})$
TRACE 1	2.654	17.61	0.147	2.76
TRACE 2	0.436	4.49	0.248	2.86
TRACE 3	2.041	15.57	0.548	8.27
TRACE 4	1.312	9.18	0.805	9.50
TRACE 5	1.111	9.20	0.314	3.56
평균	1.511	11.21	0.412	5.39

<표 1> 메탈 및

마석연마로 가공한 황등석의 표면거칠기 값

## 5. 결론

석재연마기 헤드의 연마숫돌 유동장치와 원터치감지식 위치제어장치에 의해 일련의 연속연마작업이 가능한 다축마석연마장치를 개발하였다. 그 결과 선접촉 연마방식으로 석재의 양끝에 흠이 발생하지 않아 매끄럽게 다듬어졌으며, 마석연마로 가공한 석판재의 평균거칠기는 0.412  $\mu\text{m}$ 이며 메탈연마로 가공한 석판재는 1.511  $\mu\text{m}$ 로 측정되어 무려 3.6배 정도 낮아 연마효과가 크게 향상되었다.

석재표면을 다듬은 가공공정에서 발생하는 분진의 특징은 유리규산( $\text{SiO}_2$ ) 함량(화강암 기준)이 70~74%인 규사성 분진으로 제1종 분진에 속하므로 노출기준이 2  $\text{mg}/\text{m}^3$  보다 훨씬 많은 3.7  $\text{mg}/\text{m}^3$ 이 발생하고 있다. 기존 화염버너에서 습식 연마인 마석연마방식으로 개선되어 비산분진은 0.1 $\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 획기적인 감소되었으며 소음도 95dB에서 86dB이하로 감소되어 석재가공업의 연마공정에 대한 작업환경이 크게 개선되었다.

## 참고문헌

- [1] 강지호, 장명환, “워터젯 시스템을 이용한 석재표면처리장치 개발”, 산업경영시스템 학회지, 제26권, 제3호, pp. 31-38, 2003.
- [2] 대한광업진흥공사, “석재산업의 이해와 실태”, 1999.
- [3] 강지호, “석재표면가공시 소음과 분진감소와 재해발생 유해물질 제거장치 기술개발에 관한 연구”, 중소기업청, 2003.
- [4] 강지호, 장명환, “워터젯 수압분사와 화염버너에 의한 석판재 표면처리의 품질특성

비교연구”, 안전경영과학지, 제5권, 제1호, pp. 115-128, 2003.

- [5] 강지호, 조용욱, 박명규, “다구찌 방법을 이용한 석재표면처리공정의 최적표면가공 조건 선정에 관한 연구”, 안전경영과학지, 제5권, 제1호, pp. 103-113, 2003.