

Automatic Balancer를 이용한 연삭특성 연구

김혜지.문성준(진주산업대학교), 김남경(진주산업대학교교수),최대봉(기계연구소책임연구원)

A Study on the Grinding Characteristics using Automatic Balancer

Hae Ji Kim , Seong Jun Moon , Nam Kyung Kim , Dae Bong Choi

Abstract

Grinding machine rotating at high speed express the unbalance by the spindle and the weight of grinding wheel. Therefore, the parts requiring a precision processing for grinding machine need acutely to establish of automatic balancer. But the more wheel speed increases the more vibration amplitude increases, surface roughness show the satisfactory according to increase of the wheel speed. Surface roughness of the occasion installing the automatic balancer made better than an occasion no installing the automatic balancer.

1. 서 론

최근 정밀 금형가공, 자동차, 선박 등의 발달로 인한 강, 합금강, 두랄루민 등의 수요가 급증하고 있으며, 이와 더불어 정밀가공을 위한 연삭가공의 필요성이 증가하고있다. 특히 항공우주산업, 자동차산업등 모두 고정밀도를 요구하는 산업이기 때문에 기계적인 불균형이 없어야 한다. 여기에서 불균형이란 회전요소의 질량 분포가 불균일하기 때문에 발생하는 현상으로서 실제 전체 기계 고장의 원인 중 40% 이상이 불균형에 기인된 고장이라고 할 만큼 진동을 유발시키는 기본적인 요소라 할 수 있다.⁽¹⁾ 기계고장의 대부분은 불균형에 의해 가공중 발생하는 진동으로 야기되는 고장이다.⁽²⁾ 이와 같이 밸런싱 작업은 매우 필요한 작업이며, 이에 대한 목적은 생산제품의 품질향상에 크게 이바지 할 수 있고, 소음과 진동을 저감할 수 있다. 그리고, 베어링 및 소모성 부품의 수명을 연장시킬 뿐 만 아니라, 동력손실을 최소화하고, 작업자의 피로감 또한 줄여 줄 수 있다. 이

는 고속으로 회전하는 산업기계 뿐만 아니라 연삭기계에서 발생하는 슷들의 불균형을 Balancer 자체에서 감지를 하여 보정시켜 주는 고속회전하는 산업용기계에는 필수장비라 하겠다.⁽³⁾ 특히 고정밀도를 요하는 정밀 금형가공에서는 없어서는 안되는 장비이다.

따라서 본 연구에서는 연삭시 발생하는 불균형의 원인과 Automatic Balancer의 장착유무에 따라 연삭가공을 한 후 정밀도를 비교 분석한다.

2. 연삭작업시 발생하는 불균형

정밀 고속가공기계의 불균형 요소는 회전을 시작하게 되면 원심력이 발생하게 되며 원심력은 결국 진동이라는 현상으로 나타나게 된다.

이 때문에 진동의 기본은 원심력이라고 할 수 있으며 식(1)과 같이 진동은 원심력과 같이 회전속도의 제곱에 비례한다.

F : 원심력

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad (1) \quad m : \text{회전체 전체 질량}$$

r : 무게중심 편심량

ω : 회전속도 (rpm)

같은 조건일 때 질량이 클수록 진동은 증가한다. 직경이 클수록 불균형에 의한 진동은 커지고, 1회전에 한번씩 진동을 발생시키는 진동특성을 가지고 있다.⁽¹⁾

2.1 연삭스틀의 무게에 의한 불균형

연삭작업 중에 연삭스틀의 불균형의 영향, 슷들 플랜지에 있는 부가장비의 무게 등에 의한 측정이 필요하다. 슷들헤드의 진동과 슷들의 불균형 사이의 차이점이 임의의 위치에 있거나, 원심력에 의해서 각도를 이룬 위치에 있는 부가장비의 무게에 의해 야기된다.⁽⁴⁾

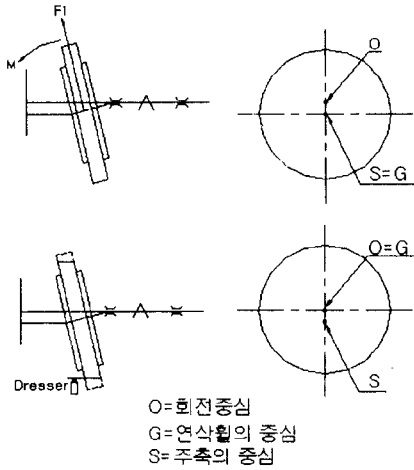


Fig. 1 The change of the O, G, S according to the unbalance of wheel

Fig.1은 전형적인 슷들의 무게에 따른 불균형을 나타낸 것이다. 위의 그림에서 보듯이 슷들은 무게에 의해 M(Moment)이 발생하여 구부러진다. 연삭스틀이 구부러지면서 회전중심과 연삭스틀의 중심, 그리고 주축의 중심이 변화함에 따라 불균형의 변화는 심화된다. 가장 이상적인 연삭스틀 운동은 Fig. 1과 같이 O, G, S가 일치될 때 가장 이상적인 회전운동을 한다.⁽⁴⁾

2.2 주축에 의한 불균형

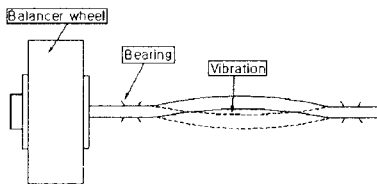


Fig. 2 The unbalance according to the spindle

주축이 고속회전하는 동안 베어링의 마모에 의해서 주축이 불균일하게 진동이 발생한다.⁽³⁾ 그리고 베어링간의 간격도 무시할 수 없다. 베어링간의 간격이 멀면 주축이 고속회전 하는 동안 베어링간의 주축 중심부에 진동이 발생한다. 그 형태는 Fig. 2에 나타나 있다.

3. Automatic Balancer의 구조와 작동

3.1 Automatic Balancer의 장착 구조

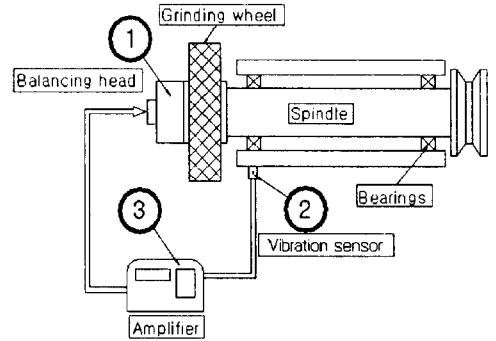


Fig. 3 Schematic diagram of automatic balancer and grinding head

위의 Fig. 3에서 Balancing head 는 2가지 종류의 밸런싱 type이 있다. 하나는 Flange type과 다른 하나는 Spindle type이 있다.⁽³⁾ 전자는 슷들에 붙어져있는 반면 후자는 Spindle에 장착되어져 있다. 그 개념은 밸런싱 헤드는 슷들의 회전축과 동일한 주변에 두개의 균형추로 되어있다. 이 균형추의 적당한 재배열은 부적절한 평형조건에 대한 보정을 가능하게 한다. 진동센서는 슷들의 불균형에 의해 생기는 떨림 가속을 감지할 수 있는 압전 변환기이다. 떨림 가속의 양은 전기신호로 변형되어서 전자증폭기로 보내진다. 전자증폭기의 기능은 진동 감지기에서 오는 신호들을 처리하고 신호들을 프로그램된 허용오차의 범위와 비교한다. 그리고 나서 슷들의 불균형을 보정하기 위해 발란싱 헤드의 모터에 영향을 미친다.⁽³⁾

3.2 Automatic Balancer의 오차범위 및 작동 원리

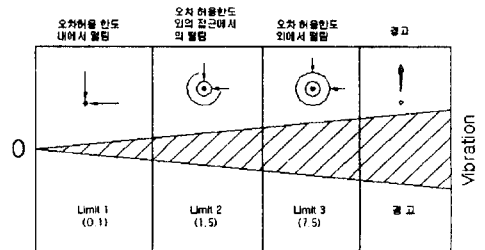


Fig. 4 Error limits of grinding wheel and spindle balance

Balancer의 오차범위는 사용자가 임의로 정해 줄 수 있다. 위의 Fig. 4에서 Limit 1은 슷들의 불균형을 극소화한 범위이고, Limit 2, Limit 3으로 갈수록 밸런스의 허용오차 한계에서 멀어지는 상태이다.

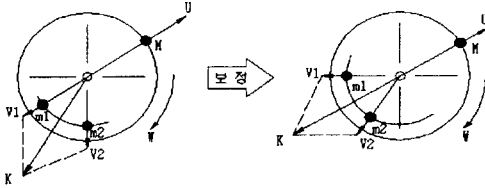


Fig. 5 Compensation of the phase of U

Balancer head가 연삭스틀에 적용될 때 전체 불균형은 Fig. 5에서 보여주는 것처럼 벡터 V1과 V2의 합과 역방향 슷들 불균형 U의 조합에 의해 주어진다.⁽³⁾ 밸런스 사이클은 슷들 불균형을 보정하기 위한 방법으로 밸런스의 질량 m1과 m2를 전환함으로 이루어진다. 각각의 질량(m1, m2)은 시계방향으로 또는 시계반대방향으로 움직일 수가 있다.

밸런스 사이클은 같은 각을 유지하기 위해 동시에 두 개의 질량을 옮기는 것을 일반적으로 수행한다. 그리고, 두 질량은 같은 시간의 길이로, 같은 속도로 옮겨진다. 이 두 질량(m1, m2)은 두 가지의 운동방향을 가지고 있다. 첫 번째 방법은 질량이 서로 시계방향과 시계반대방향으로 분산된다. 두 번째 방법은 그 질량이 한 점으로 모여 지거나 서로 반대방향으로 분산된다. 두 질량이 같은 속도와 같은 시간에 같은 방향으로 옮겨질 때 벡터 V1과 벡터V2는 동시에 움직인다.

그 결과 순수한 밸런스 균형을 잡는 것은 벡터K이다. 이 방법에서 벡터K는 벡터U와 관계에서 정반대의 방향이지만, 같은 선상에 있는 K가 옮겨짐으로써 불균형한 연삭스틀의 그 양상을 보정한다.⁽³⁾ 그리고 순수한 밸런스 균형은 첫 번째 방법 즉, 질량(m1, m2)이 시계방향이나 시계반대방향으로 움직일 때 진동을 최소화 한다.

4. 실험 및 고찰

Automatic Balancer의 사용유무에 따른 실험 조건을 Table.1 에 표시하였다.

Table. 1 Experimental conditions

Grinding condition	
Grinding M/C	HGN-64CF (주)화천
Wheel specification	CBN 170N 75 EG2 3.0W Wheel speed(Vs) : 20~52m/s Table speed(Vw) : 10m/min Depth of cut(ap) : 10 μ m, 20 μ m
Fluid	5% soluble oil in water
Truning conditions	Dresser : Single point diamond Depth of cut : 30 μ m Cross feed : 0.1mm/rev Dressing type : Wet
Dressing conditions	Depth of cut : 20 μ m Pass : 8 passes same with turning conditions
Workpiece	Type : SKD11(C:1.51, Si:1.39, Mn: 0.58, Cr: 12.2, Mo: 1.03, V: 0.34, Ni: 0.47 <wt%>) Hardness : HRC 60이상 Size : 50L x 12W x 50H

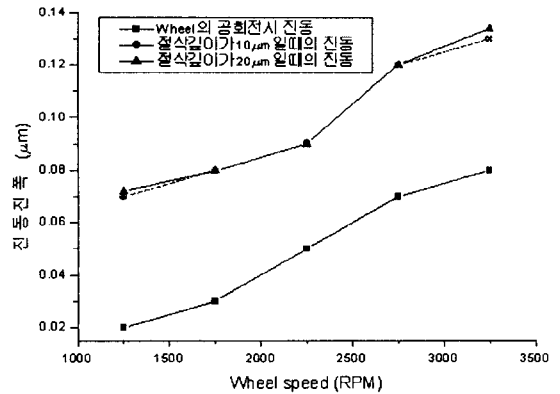


Fig. 6 Vibration amplitude versus wheel speed

Fig. 6은 연삭스틀을 공회전시 진동진폭과 연삭 깊이가 10 μ m 와 20 μ m일 때의 진동진폭을 연삭스틀 속도(주속도)를 변화시켜가며 살펴본 것이다. 그림에서 보듯이 주속도가 변화하며 따라 진동진폭이 증가하는 것을 보여주고 있다. 특히 공회전시 진동진폭 보다는 연삭깊이를 주었을 때 진동진폭이 크다. 그러나 연삭 깊이에 대한 영향은 무시할 수 있다. 그런 경향으로 보아 연삭작업시 여러가지 방향으로 즉, 슷들의 불균형과 주축의 불균형 등에 따라 주속도가 증가하면 증가할수록 진동진폭이

큰 영향을 받는다. 그리고 연삭 중 드래싱 등에 따라서도 진동진폭의 영향을 받을 것이며, 고속연삭으로 갈수록 Automatic Balancer의 영향은 클 것이다.

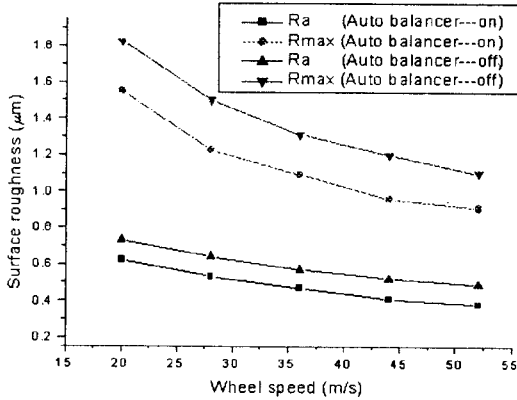


Fig.7 Surface roughness versus wheel speed at $V_w=10\text{m/min}$ and $a_p=10\mu\text{m}$

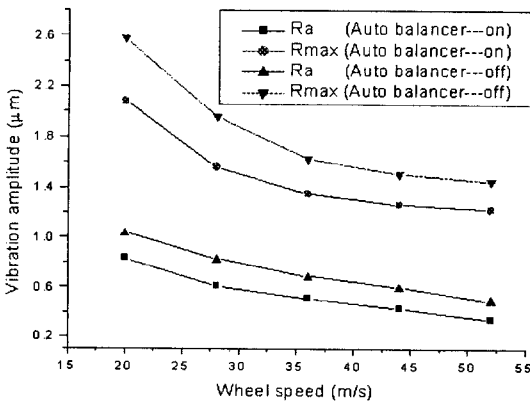


Fig.8 Surface roughness versus wheel speed at $V_w=10\text{m/min}$ and $a_p=20\mu\text{m}$

Fig. 7은 연삭깊이 $10\mu\text{m}$ 와 공작물 속도 10m/min 에서 주속도에 따른 표면조도의 영향을 보여주고 있다. 주속도가 증가하면 증가할수록 표면조도가 양호함을 보여주고 있다. 그리고 Automatic Balancer가 설치된 경우가 표면조도 측면에서 우수하다.

Fig. 8은 연삭깊이 $20\mu\text{m}$ 와 공작물 속도 10m/min 에서 주속도에 따른 표면조도의 영향을 보여주고 있다. Fig. 7에서와 같은 경향을 보여주고 있다.

위의 결과에서 보듯이 Automatic Balancer의 사

용유무에 따라 진동진폭의 차이와 표면조도에 큰 영향을 미친다.

5. 결 론

고속 회전하는 연삭기 등에는 연삭숫돌의 무게와 주축에 의한 불균형을 나타내므로 정밀연삭 등을 요하는 부품 등에는 Automatic Balancer등의 설치가 절실히 필요하다. 연삭 주속도가 증가하면 증가할수록 진동진폭은 증가한다. 그리고 표면조도는 주속도의 증가에 따라 양호함을 보여주고 있다. 그 결과로써 Automatic Balancer를 설치하는 경우가 설치하지 않는 경우 보다 표면조도가 더욱 뛰어난을 밝혔다.

References

1. J. Vande Vegte 1964 "Continuous automatic balancing of rotating systems" Journal mechanical engineering science Vol. 6 No. 3 pp. 264~269
2. H. Kaliszzer, A. Holincki, M. orlowski "Micro processor-controlled automatic balancing system" University of Birmingham, IMechE 1998 C313/88. pp. 109~115
3. MARPOSS Co. "Balancing systems for grinding wheels." MARPOSS, 1999
4. G. Gawlak, 1984 "Some problems connected with balancing of grinding wheels" ASME Journal of Engineering for Industry, Vol.106 pp. 232~236