

숫돌 마모량에 따른 연삭가공물의 표면특성 The Surface Characteristics of Workpiece by Wear of Wheel

곽태경 *, 곽재섭 **, 하만경 **, 이재경 ***

- * 부경대학교 대학원
- ** 부경대학교 기계공학부
- *** 한국기계연구원 자동화연구부

Abstract

The surface roughness is one of the important parameters to evaluate the quality of products. Its level must be limited to a certain range in the precision components.

This paper deals with grinding characteristics of workpieces by the wear amount of wheels in the surface grinding process. The surface roughness was measured according to the feedrate and the depth of cut with respect to the various workpieces. In addition, the wear amount of wheels according to the number of grinding pieces was obtained.

Keywords : Surface roughness, Wear amount, Surface grinding

1. 서 론

연삭가공은 마무리 가공으로서 많이 활용되고 있으나 한편 가공에 관련된 파라메타를 정량화하기 힘들기 때문에 기능공의 주관적 경험이나 숙련 정도의 대부분 의존하고 있는 실정이다. 무엇보다 중요한 문제는 연삭가공의 다양한 파라메타를 정량화 하는 일이 시급하다.

연삭가공은 제품의 정밀도 향상 및 품위를 결정짓는 마무리가공으로 금속 절삭가공 중에서도 높은 정밀도를 가지는 가공이며, 연삭 가공물은 숫돌의 표면상태에 따라 품질이 결정된다. 따라서 연삭가공에서의 표면 거칠기는 가공물의 정도를 나타내 줄 수 있는 정량적인 수치로 사용되며, 제품의 최종정밀도를 좌우하는 요소로 관계되는 사항이다.⁽¹⁾

일반적으로 연삭가공은 다른 절삭가공에 비해 대체로 공구의 마모가 빨리 진행되고, 숫돌마모에 따른 연삭가공물의 표면이 달라진다. 이러한 상관관계를 규명 할 수 있다면 품위가 우수한 제품을 생산할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 숫돌마모에 따른 연삭특성을 파악하기 위해서 연삭조건에 따른 연삭저항력의 변화를 살펴보고, 또한 연삭가공된 면에 대해 표면거칠기(R_a)값을 측정하였으며, 이 공작물과 숫돌의 표면을 전자현미경(Microscope)사진으로 촬영하여 표면거칠기와 연관한 미시적 관찰을 실시하였다. 본 연구에서는 가공횟수에 따른 숫돌의 마모량을 측정하고, 그에 따른 연삭가공물의 표면 특성을 보였다.

2. 이론적 고찰

2.1 표면 거칠기 이론

가공된 공작물의 평가는 크게 가공 치수와 표면 품위(Integrity)의 두 가지 관점에서 생각할 수 있다. 가공치수는 가공물의 미시적 관점에서 본 크기를 나타낸 것이고, 표면 품위는 표면층의 기계적, 금속학적인 변화, 그리고 표면 거칠기 등을 포함한다.

연삭가공에서 얻어진 중심선 표면 거칠기(R_a)의 이론식은 다음과 같이 주어진다.⁽²⁾

$$R_a = \frac{1}{9\sqrt{2}} \left(\frac{v_w \cdot a}{v_s \cdot d^{1/2}} \right)^2 \quad (1)$$

여기서, v_s 와 v_w 는 숫돌의 원주속도와 공작물의 속도이고, d 와 a 는 각각 숫돌의 직경과 숫돌의주면에 분포한 절삭입자들의 평균간격이다.

표면 거칠기의 측정은 일반적으로 측정식 조도계를 이용하고, 정량적인 평가를 위해 충분한 표본수를 획득할 수 있는 샘플 길이를 선택한다. 연삭가공과 같은 다듬질 가공된 표면의 거칠기 측정에 사용되는 샘플 길이는 0.8mm 정도가 일반적이다.⁽³⁾

2.2 연삭력 이론

연삭가공에서 연삭력은 수직력이 지배적인

영향을 미친다. 수직력은 식(2)와 같이 공작물을 절삭하는데 필요한 힘과 미끄럼(Sliding)을 일으키는 힘의 합으로 나타낼 수 있다.

$$F_n = F_c + F_s \quad (2)$$

위 식을 평균접촉 응력(\bar{p})과 실접촉면(A_a)의 항으로 나타내면 다음과 같다.

$$F_n = F_c + \bar{p}A_a \quad (3)$$

$$A_a = b(d \cdot t)^{1/2}A \quad (4)$$

여기서, b 와 d 는 슷들의 폭과 직경을 나타내고, t 와 A 는 절입깊이와 결보기 접촉면적이다. 또한 비절삭에너지(u)를 이용하여 F_c 를 나타내면 다음과 같은 식이 완성된다.

$$F_n = \frac{k \cdot u \cdot v_w \cdot b \cdot t}{v_s} + \bar{p} \cdot b \cdot (d \cdot t)^{1/2} \cdot A \quad (5)$$

위 식에서 이론적인 연삭력의 수직성분은 공작물의 속도(v_w)가 빨라질수록 증가하고, 연삭 슷들의 속도(v_s)가 빨라질수록 연삭력은 감소함을 알 수 있다. 또 절입깊이와 절삭폭이 커질수록 연삭력은 증가하고, 평균접촉 응력의 영향을 받음을 알 수 있다.⁽⁴⁾

3. 실험조건 및 방법

본 실험에 사용된 슷들은 입도가 #100, #80인 WA 슷들을 사용하였고, 공작물은 STD11, SUS304, STB2를 사용하였다.

가공조건으로는 휠 주속도를 1,800rpm으로 일정하게 유지하고, 테이블 이송속도는 2~5 m/min, 절입깊이는 5~20 μ m까지 변화시키면서 가공하였다.

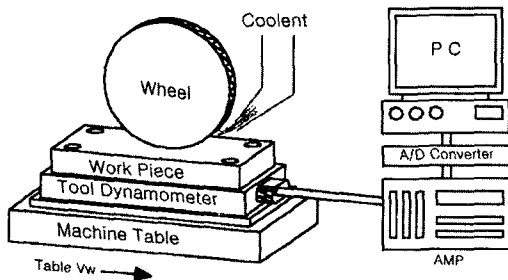


Fig.1 Experimental set-up

Table 1. Experimental conditions

Grinding machine	Horizontal spindle surface grinder
Workpiece	STD11, SUS304, STB2
Wheel	WA100, WA80
Conditions	Wheel speed : 1,800rpm
	Table speed : 2~5m/min
	Depth of cut(t) : 5,10,15,20 μ m
	Up & Plunge & Wet
Fluids	Shell lubricant (soluble type, 10:1)
Dressing conditions	Dressing stick : WA
	Depth of cut : 10~30 μ m

Fig. 1은 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다. 연삭저항력 측정을 위해 공구동력계를 연삭기 베드 위에 설치하고 가공물에 드릴구멍을 내서 가공물과 공구동력계를 고정하였다. 공구동력계에서 발생된 신호는 앰프를 통해서 증폭시킨 후 A/D 변환기를 통해 디지털화시켜 PC로 저장했다. 표면 거칠기는 축침식 표면조도기를 사용하여 측정하였고, 공작물 표면사진은 전자현미경으로 확대하고 디지털 카메라로 촬영되었다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 연삭력

Fig. 2는 STD11, SUS304, STB2의 공작물을 이송속도가 각각 2~5m/min 일 때 법선방향 연삭저항력을 절입깊이에 대해 각각 비교한 것이다. 이송속도가 2m/min 일 때보다 5m/min 일 때 법선방향 연삭저항력은 더 크게 나타났다.

Fig. 3은 #80 슷들에서의 법선방향 연삭저항

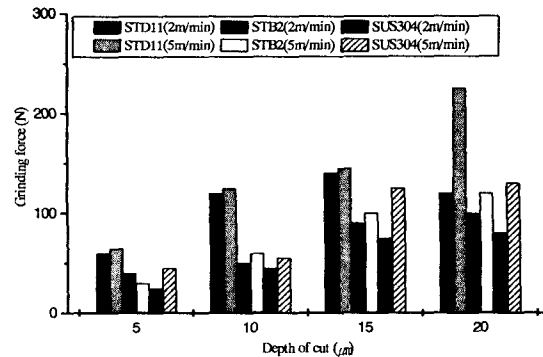


Fig. 2 Grinding force of STD11, STB2, SUS304 (#100)

력을 나타내고 있다. 절입깊이의 증가에 따라 연삭력이 상승하였고, 경한 강(Steel) 일수록 연삭력은 더 크게 나타났다.

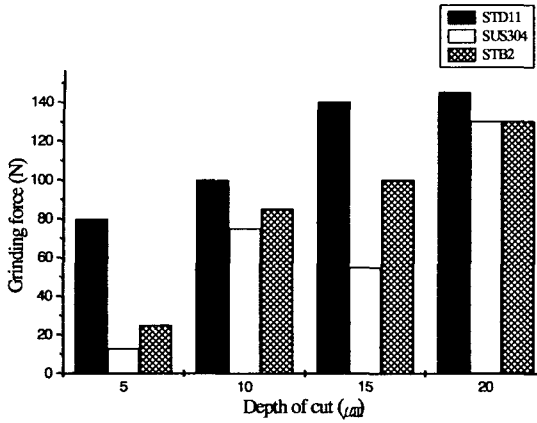


Fig. 3 Grinding force of STD11, STB2, SUS304 (#80)

4.2 표면 거칠기

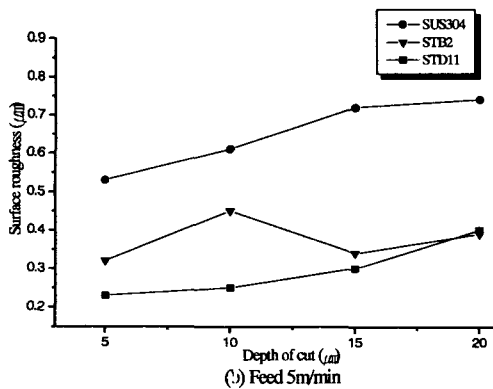
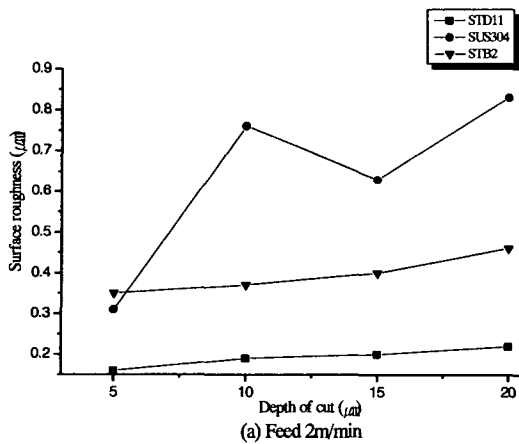


Fig. 4 Surface roughness of variation

Fig. 4는 STD11, SUS304, STB2의 절입깊이에 따른 표면 거칠기를 나타낸 것이다. Fig. 4 (a)는 이송량이 2m/min일 때의 절입깊이에 따른 표면 거칠기로 절입깊이가 증가함에 따라 표면 거칠기가 거의 일정하게 변화하고 있다.

이송량이 5m/min인 Fig. 4 (b)에서도 거의 일정하게 변화하고 있음을 보이고 있다.

동일한 절입깊이에 대해서, 이송에 상관없이 표면 거칠기는 STD11, STB2, SUS304 순으로 변화하고 있음을 보이고, 절입깊이에 따른 표면 거칠기는 절입깊이 보다 이송속도에 더 많은 영향을 받음을 알 수 있다.

4.3 마모량

Fig. 5는 가공횟수에 따른 슷들의 마모량과 가공물 표면 거칠기를 측정된 것이다.

Fig. 5 (a)에서 가공횟수가 10회씩 증가할 수록 표면 거칠기 값은 감소하다가 40회에서 증가함을 알 수 있다. 40회에서부터 슷들입자의 불규칙한 자생작용으로 거칠기 값이 높아지는 것으로 사료된다.

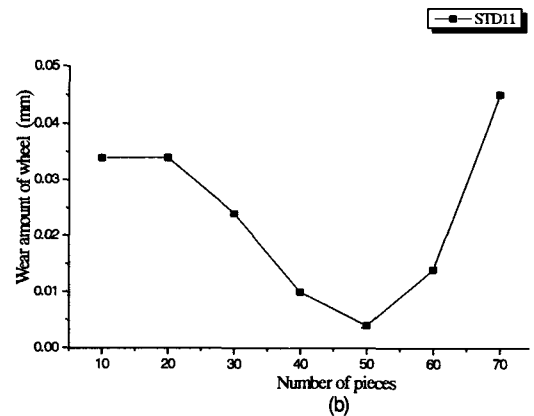
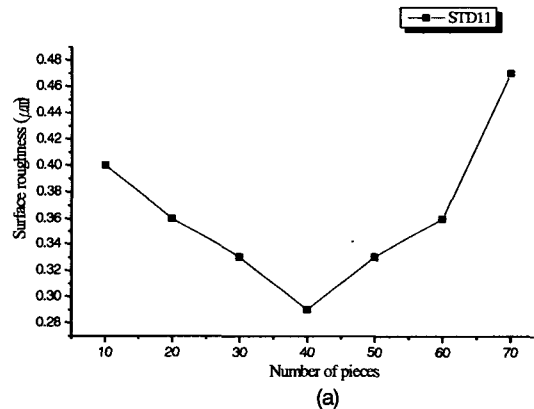


Fig. 5 Wear amount of wheel and surface roughness of the number of pieces

Fig. 5 (b)에서는 가공횟수에 따른 숫돌의 마모량을 측정하는 것이다. 가공횟수가 증가함에 따라 숫돌의 마모량이 감소하다가 40~50회에서 급격히 상승함을 알 수 있다. 이는 숫돌입자의 불규칙한 탈락현상으로 인해 숫돌입자들이 탈락해서 숫돌의 마모량이 증가한 것으로 사료된다.

Fig. 6은 공작물과 숫돌의 금속현미경 사진으로 가공 전 사진과 60회 가공 후의 시편에서 차이를 볼 수 있고, 드레싱후의 숫돌과 60회 가공후의 숫돌을 보여주고 있다.

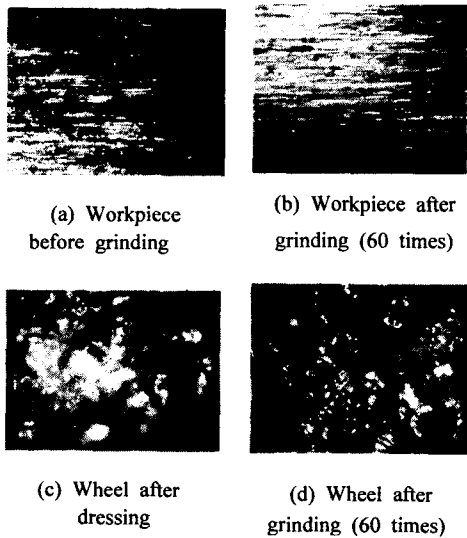


Fig. 6 Microscope picture of workpiece and wheel

Fig. 5 (a),(b)에서 보여진 것처럼 실제의 금속현미경 사진에서도 60회 가공 후 눈베움(Loading)이 줄어들고 숫돌의 자생작용이 일어나고 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 숫돌 마모량에 따른 연삭특성을 분석하기 위해 STD11, SUS304, STB2의 가공물을 #100, #80의 WA숫돌로 가공하여 연삭력, 표면 거칠기와 숫돌 마모량을 구하고 각각의 값을 비교, 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) STD11, SUS304, STB2에서 연삭력은 절입깊이가 증가하고 이송속도가 증가할수록 연삭력은 증가함을 알 수 있었다. 또한, 강의 경도에 따라 달라짐을 알 수 있었다.
- (2) 절입깊이에 따른 표면 거칠기는 절입깊이 보다 이송속도에 많은 영향을 받음을 알 수 있었다.
- (3) 가공횟수에 따른 숫돌의 마모량과 표면거칠기

는 가공횟수가 10회씩 증가할 수록 표면거칠기값은 감소하다가 40회에서 증가함을 알 수 있었다. 40회에서부터 숫돌입자의 불규칙한 자생작용으로 거칠기 값이 높아짐을 알 수 있다. 가공횟수에 따른 숫돌의 마모량을 측정하는 것에서 가공횟수가 증가함에 따라 숫돌의 마모량이 감소하다가 40~50회에서 급격히 상승함을 알 수 있다. 이는 숫돌입자의 과도한 탈락으로 숫돌의 마모량이 증가한 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 부경대학교 2000년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 광재섭, 송지복, "AE 신호를 이용한 연삭 가공물의 표면 거칠기 예측," 한국정밀공학회지, 제17권, 제4호, pp. 240-246, 2000.
2. S. Malkin, Grinding Technology-Theory and application of machining with abrasives, John Wiley & Sons, 1989.
3. Richard s.Figliola,Donald.E.Beasley, Theory and Design for Mechanical Measurements 2nd.
4. 손명환, 절삭가공론, 문운당, 1996.