

브러시 연삭을 이용한 공작물의 면취 가공에 대한 연구

백재용**, 유송민*, 신관수**

A study on the deburring process using brush grinding

Jae Yong Baek**, Song Min Yoo*, Kwan Soo Shin**

ABSTRACT

Due to increasing demand toward improving product quality, various methodologies have been introduced. A brush type grinding tool is one of the most frequently used one to facilitate required process. In order to produce consistent burr shape, various machining conditions have been combined and applied to disk grinding process. It has been observed that the burr dimension(shape and width) depends on the inclination angle between grinding disk and workpiece. Drastic increase of tool Wear has been also observed along the inclination angle variation. Various burr shapes have been captured and analyzed using image processing technique.

Key Words : product quality(품질), image processing(화상처리)

1. 서론

생산 공정의 자동화 및 산업의 고도화에 따라 정밀부품에 대한 수요가 증가하고 다양한 가공물에 대한 부품의 고기능 및 제품고급화를 위해 마무리 작업의 중요성이 부각되고 있다. 같은 부품의 성능면에 관련한 표면기술의 문제점은 제품에 있어서 에지 처리기술, 표면가공과 버(burr)제거 가공에 따라 크게 좌우된다. 일반적으로 생산, 제조 공정에서 정도의 차이는 있지만 버나 플래시(flash)가 발생하지 않을 수가 없다. 이러한 버나 플래시는 다음 공정을 위하여 제거되어야 한다. 버란 각종 기계공정 및 절삭과정에서 모재의 끝단에 소성변형이 일어난 불필요한 부분이라고 할 수 있

다. 이러한 버의 제거 작업은 자동화에 한계가 있고 대부분의 작업은 수작업에 의해 수행되어 왔다. 대부분의 기계가공에서도 연삭숫돌을 이용하여 디버링(deburring)을 실시하고 미소 버의 제거에서는 공구의 움직임을 정밀하게 제거하기 위해 많은 장치들을 수반하게 된다. 이에 따라 생산부품의 비용이 그만큼 비례하게 된다. 버에 대한 정밀 가공에 대한 많은 연구와 로봇개발이 이루어지고 있지만, 주로 공구가 이송속도, 제어 방법과 버 형상 형상 인식기술에 대해 연구 결과가 발표되고 있다.⁽¹⁾ 버 제거를 위한 디버링 작업의 기본은 모재의 형상에 손상을 주지 않는 데에 있다. 이에 따라 공구의 선택에도 많은 제한이 뒤따른다. 본 연구에서는 버 제거공정의 기본인 모재의 형상에 영향을 주지 않는 공구를 선택, 즉 브러시(brush)를 이용한 디버링 공정을 관찰하여 각종 가공조건 및 모재의 버 크기에 따라 버 제거 유무를 관찰하고 공구의 상태와 모재의 절삭상태를 각종 센서를 이용하여 확인하고 새로운 데이터 베이스를 구축하는데 있다.⁽²⁾

2. 실험 장치 및 방법

2-1. 시편 제작

디버링 작업을 위한 시편은 탄소강(SC40)을 유연성 디스크 이용하여 제작하였다. 밀링머신의 스핀들에 전동 그라인더를 고정 설치하고 공구와 가공물과는 25°의 각도를 이루도록 하고 디스크 입도는 #80을 이용하여 가공하였다. 그라인더의 회전속도는 11,000rpm으로 고정하고 절

* 경희대학교 기계산업시스템 공학부 (산학협력기술연구원)
** 경희대학교 기계산업시스템 공학부 대학원

삭깊이는 0.5mm, 1.5mm로 변화를 주었다. 디버링 공정간에 버의 폭 및 형상에 따라 절삭현상의 차이를 확인하기 위한 얇은 버와 두꺼운 버형상의 시편을 생성하기 위한 절삭깊이이다. 이송속도는 520mm/min으로 고정하였다. 시편 제작을 위한 실험장치도는 다음과 같다(Fig. 1).

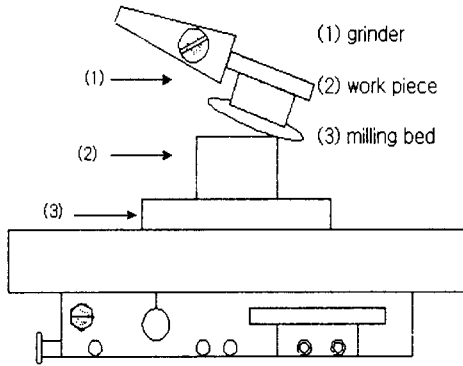


Fig.1 System diagram of disk grinding

2-2. 실험장치의 구성

브러시는 일반 공구상에서 쉽게 구할 수 있는 스텐인리스 브러시를 이용하여 가공 실험을 실시하였다. 버와 브러시와의 접근 각도는 45°를 유지하고 절삭깊이는 5mm를 기준으로 하여 5mm이상인 것과 5mm이하인 것으로 구분하였다 (절삭깊이가 깊은 것과 절삭깊이가 얇은 것). 브러시 형상자체의 진원도 문제와 밀링 스피들과의 지그 연결시 편심으로 인하여 정확한 절삭깊이를 유지하기가 어려우므로 절삭깊이에 유동성을 주었다. 가공간 브러시는 1회 가공후 교체하였고, 가공시간은 30초로 고정하고 시편은 버가 큰 것(0.12mm)과 작은 것(0.40mm)으로 구분하고 브러시의 회전속도는 650rpm으로 고정하였다. 가공공정 및 공구의 절삭현상을 관찰하기 위해 공구동력계와 AE 센서, 가속도 센서를 설치하여 실험장치를 구성하였다. 각종 센서의 데이터는 A/D 컨버터를 이용하여 컴퓨터와 연결하여 저장하였다. 가공공정간 브러시의 탈모 현상 및 마모량을 산출하기 위해 전자 저울을 이용하여 사전 브러시의 무게를 측정하고 가공후의 무게를 측정하였다. 본 실험에 대한 장치도는 다음과 같다(Fig. 2, 3).

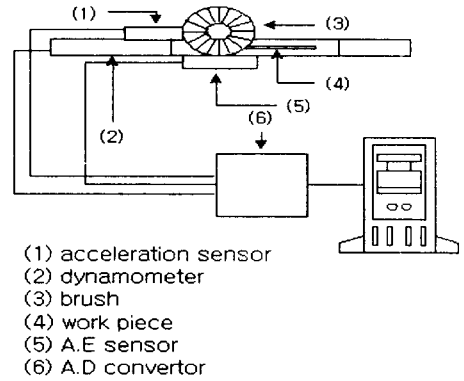


Fig.2 Experimental apparatus diagram(Top view)

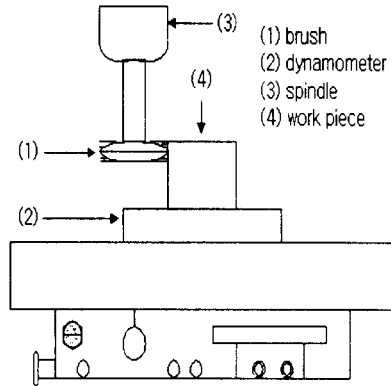


Fig.3 Experimental apparatus diagram(Side view)

2-3. 비전 시스템

비전 시스템(Vision system)이란 각종 영상 처리 요소에 의해 획득된 화상 데이터를 이용하여 생산 공정에 제어요소로 활용하는 산업기술이다. 이는 생산라인에 적용시킬 경우 검사능률의 향상과 산업재해의 방지, 검사의 균일화 및 기업이미지의 향상등에 큰 효과를 가진다. 전체적으로 이미지 획득부, 이미지 처리부, 이미지 출력부로 나누어진다.⁽³⁾ 미소 버의 제거를 정량화 하기 위해 화상 시스템을 이용하여 수치화 하였다. 블록 게이지(Block Gauge)를 이용하여 실제거리와 취득된 화상간의 상대적 거리를 보정하였다. 가공 전·후의 시편의 상태 변화를 비전 시스템을 이용하여 CCD(Charge Couple Device)카메라로 형상을 취득하고 영상처리보드에 의해 640×480(pixel) 크기의 파일형

태로 전환하여 PC에 ASCII 형태로 저장하여 화면에 출력하였다. 화상처리 시스템을 구성하는데 중요한 영향을 미치는 조명은 안정된 광원을 발생시키는 할로겐 램프를 사용하고 역광조명으로 취득된 화상의 고대비를 높이도록 하였다. 화상취득을 위한 장치도는 Fig.4 와 같다.

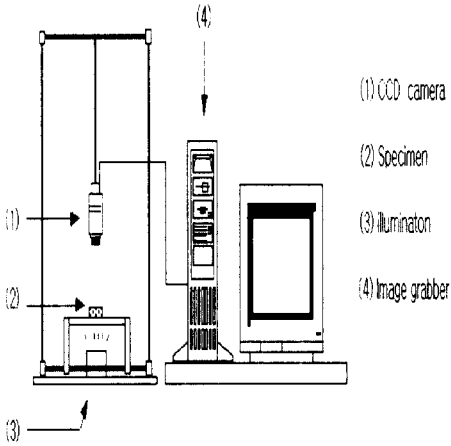
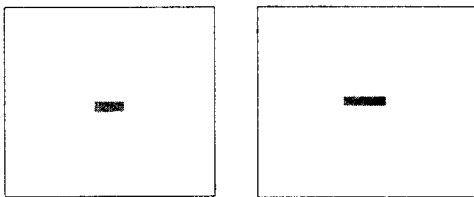


Fig.4 Image processing system diagram

3. 결과 및 분석

3-1. 버의 형상

본 실험을 위한 시편 제작간에 가공 조건에 따라 버의 형상, 크기 및 공작물과 버의 형상이 다르게 나타났다. 디스크 입도와 경사각을 변화시켜 버의 형상과의 상관관계를 알아보았다. 디스크 입도는 #36, 60, 80으로 변화를 주고 경사각은 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 의 범위에서 5° 간격으로 시편을 가공하였다. 버의 크기를 실제의 크기로 환산하기 위해 20mm와 30mm의 블록 게이지를 이용하여 정량화 하였다(Fig. 5, 6, 7).⁽⁴⁾



20mm 30mm
Fig.5 Image of block gauge

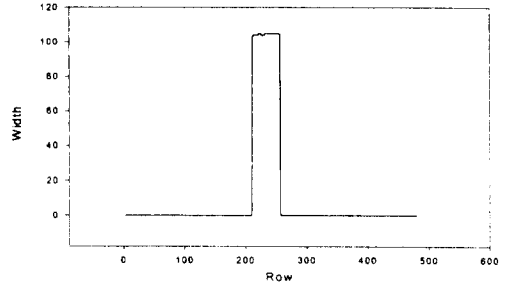


Fig.6 Profile of block gauge(20mm)

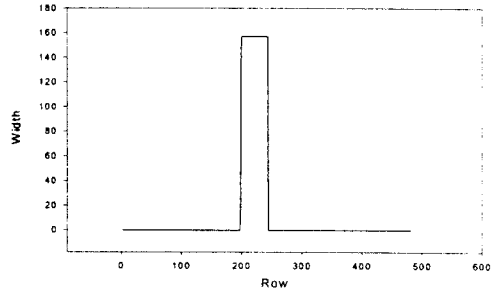


Fig.7 Profile of block gauge(30mm)

시편 제작간에 선정된 디스크의 입도에 따른 버의 형상은 디스크의 입도가 증가함에 따라 생성되는 버의 폭은 감소하는 현상을 나타내었다 (Fig. 8).

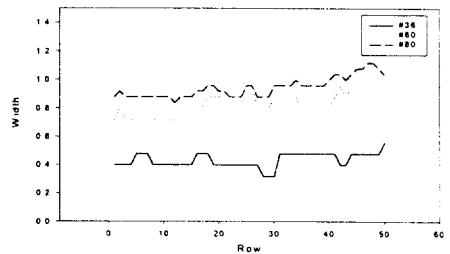


Fig.8 Burr width for various disk grit(angle 25°) 연삭 디스크의 경사각도에 따라 버의 형상 및 폭에 영향을 준다는 사실을 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 각도가 증가함에 따라 공구의 급격한 마모현상이 일어나고 있음을 확인할 수 있었는데 각도에 증가에 따라 공구의 접촉 면적의 감소에 의한 절삭력 증대로 해석할 수 있다(Fig. 9).

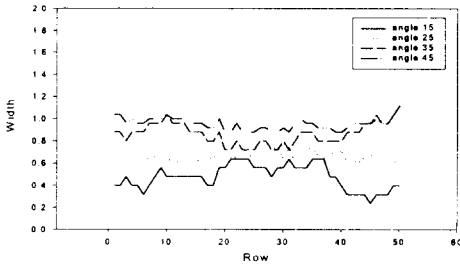


Fig. 9 Burr width for various disk angle(grit #60)

3-2. 디버링 공정

브러시를 이용하여 버의 형상에 따라 절삭깊이를 달리 하여 디버링 공정을 실시한 결과는 다음과 같다. 버 폭이 작은 경우는 절삭깊이가 작아도 어느 정도의 버가 제거 되었지만, 버의 폭이 증가함에 따라 절삭깊이가 중요한 요인이 됨을 확인할 수 있었다. 디버링 공정간 브러시의 탈모 및 마모 현상이 발생하여 실험 전·후 전자저울을 이용하여 공구의 감소량을 정량화하였다. 버의 폭이 증가함에 따라 브러시의 마모 현상이 증가하고 가공물의 제거량은 감소하는 현상을 확인할 수 있다. 실험간의 감소한 시편의 무게와 브러시의 무게는 Table.1에 나타내었다.

Table.1 Weight variation of tool and workpiece

단위:g

Measure		Large depth of cut		Small depth of cut	
		Work piece	Brush	Work piece	Brush
Small burr	Before process	94.303	99.601	83.267	98.056
	after process	94.291	99.577	83.260	98.042
	Mass change	0.012	0.024	0.007	0.014
Large burr	Before process	85.601	101.012	87.229	101.747
	After process	85.594	100.968	87.225	101.728
	Mass change	0.007	0.044	0.004	0.019

가공 전·후의 버의 변화 상태는 비전 시스템을 이용하여 그래프로 나타내었다. 버의 폭이 작은 경우에는 절삭깊이를 작게 부여하여 디버링 공정을 수행하여도 어느 정도 버의 제거가 이루어졌다(Fig. 10, 11).

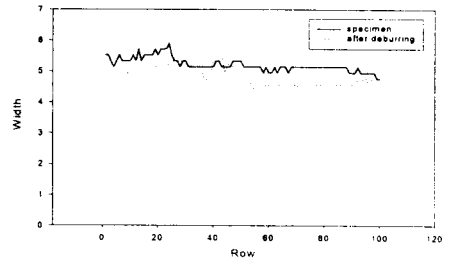


Fig. 10 Burr width variation for small burr (large depth of cut : 5~7mm)

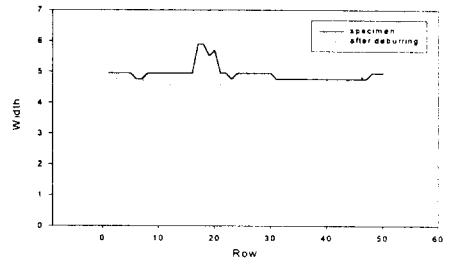


Fig. 11 Burr width variation for small burr (small depth of cut : 3~5mm)

절삭깊이에 의한 절삭력의 차이는 공구동력계의 신호로써 확인할 수 있었다. 디버링 공정이 시작된 후 3초후의 신호값을 비교분석하였다. 절삭깊이의 차이에 의한 절삭력의 차이는 다음과 같다.⁽⁵⁾(Fig. 12).

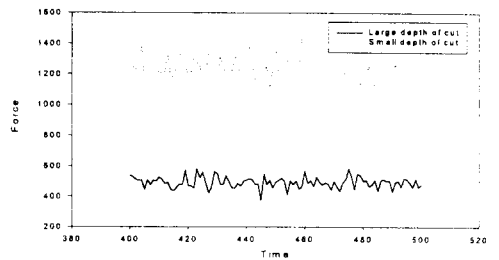


Fig.12 Cutting force trend for various depth of cut with small burr

버의 폭이 큰 경우에는 절삭깊이를 작게 부여 할 경우에는 디버링 효과가 거의 발생하지 않았다. 절삭깊이를 크게 부여한다 하더라도 버의 일부분에 국한되어 디버링이 이루어졌다(Fig. 13, 14).

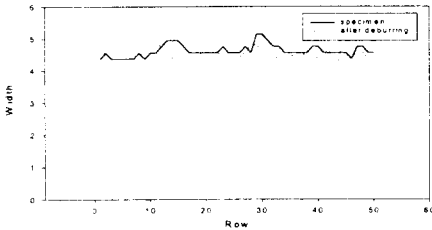


Fig. 13 Burr width variation for large burr (large depth of cut : 3~5mm)

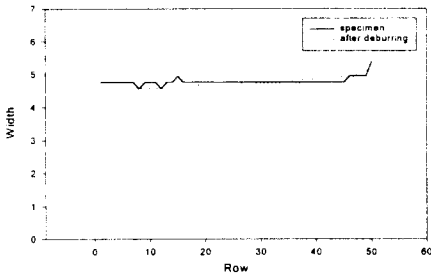


Fig.14 Burr width variation for large burr (small depth of cut : 5~7mm)

위에서 보는 바와 같이 절삭깊이가 작은 경우에는 디버링 효과가 거의 없음을 알 수 있다.(Fig. 15).

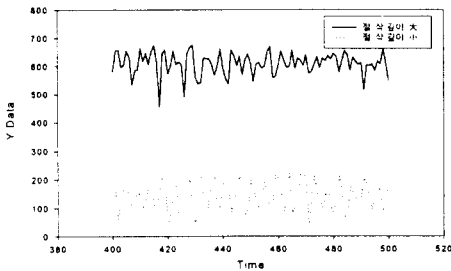


Fig.15 Cutting force trend for various depth of cut with large burr

가공물의 재질과 브러시의 재질에 따라 공구의 마모 현상 및 탈락현상의 급격한 증가 현상이

일어나 디버링 공정 수행간에 큰 문제점으로 나타나기도 하였다. 또한 고속 회전 디버링 공정에는 디버링 공정이 계속 진행됨에 따라서 브러시 공구의 영구 변형(브러시 털끝이 휘어져 가공물과의 접촉이 이루어지지 않음)으로 인하여 더 이상의 절삭현상이 일어나지 않기도 하였다. 이러한 여러 요인별 현상 및 가공조건에 따른 공구의 변형에 대한 실험은 차후 계획 중이다(Fig. 16).

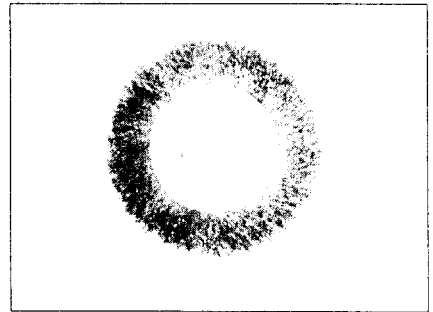


Fig.16 Image of brush after deburring(11,000rpm)

4. 결론

각종 기계가공중 발생하는 모재의 작업 끝단면의 소성변형인 버는 생산공정의 자동화에 편승하여 더욱 증가하였다. 하지만 이러한 버를 제거하기 위한 디버링 공정에 대한 연구는 미흡한 편이다. 제품의 품질을 더욱 높이고 고가의 부품을 생산하기 위해서는 이러한 마무리 공정이 필요하다. 하지만 아직까지 인간의 수작업에 의한 경우가 대부분을 차지하고 있다. 우리는 여기서 손쉽게 구할 수 있는 일반 스테인리스 브러시를 이용하여 디버링 공정이 가능한지 여부에 대해 알아 보았다. 브러시 공구의 형상이 일정하지 않아 정확한 절삭깊이를 부여하기는 쉽지않으나, 브러시의 유연성으로 어느 정도의 절삭깊이는 동일한 결과를 나타내었다. 브러시를 이용한 디버링 공정은 절삭깊이도 중요한 요인중에 하나이지만, 버 폭이 절삭현상에서 아주 중요한 요인임을 알 수 있었다. 버의 형상 및 재질에 따라 적당한 공구를 선택할 수 있는 데이터 베이스 구축을 위해 좀더 연구를 발전시키고자 한다. 고속 회전의 경우 브러시의 형상이 쉽게 변형되어 디버링 공정이 더 이상 이루어지지 않기도 하였다.

회전속도에 대한 공구의 형상 변화와 디버링 공정의 지속시간에 대한 연구도 병행하여 계속 실시할 예정이다.

참고문헌

1. O. Oliver and G. Barrow, "An Experimental Study of Burr Formation in Square Shoulder Face Milling", International Journal of Machine Tools & Manufacture, 1996.
2. Robert J. Stango, "Automated Deburring With a Filamentary Brush: Prescribed Burr Geometry*", 1999.
3. B.K.H. Rao, "Profitable Condition Monitoring", kluwer Academic Publishers, 1993.
4. 김승준, "신경망 및 화상처리를 이용한 유연성 디스크 연삭공정과 버(burr) 분석에 관한 연구", 석사학위 논문, 2000.
5. 이두수 박제택 공저, "디지털신호 처리의 기술", 탐 출판사.
6. 유송민 신관수, "절삭속도 제어구간에 따른 유연성 디스크 연삭 가공에 관한 연구", 한국공작기계학회지(p81~p87), 2000