

브러시 디버링 연삭 시스템 특성에 관한 연구

신관수*

(논문접수일 2010. 04. 01, 심사완료일 2010. 06. 07)

A study on the Character of Brush Deburring Grinding System

Shin, Kwan Soo*

Abstract

Due to the increasing demand for various methodologies to improve the quality of products were introduced. A Brush the most frequently used type of grinding process is one of the deburring. in order to produce consistent burr shape, various machining conditions have been combined and applied to disk grinding process. Between the workpiece and the grinding disc to earn depends on the angle of the slope has been observed. 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 : Grinding process(연삭공정), Deburring(디버링), Image processing(화상처리)

1. 서론

모든 절삭가공의 경우 피절삭물의 끝단 부분에는 버(burr)가 생성된다. 이 버를 제거하는 디버링(Deburring)작업은 제품의 질을 향상시키는 작업이다. 산업의 발달에 따라 생산공정이 자동화되고 정밀도가 높은 부품의 수요가 증가하는 현실에서 부품의 성능을 향상시키기 위하여 에지(edge) 처리기술, 표면가공과 버 제거 가공에 많은 관심을 가지고 있다.⁽¹⁻³⁾ 최근 이러한 버를 제거하기 위하여 버의 크기 및 형

상을 측정 제거와 디버링 자동화를 위한 연구가 진행되고 있다.⁽⁴⁻⁶⁾ 버를 제거하는 작업은 자동화로는 한계가 있어 현재 거의 모든 디버링 작업은 숙련자에 의한 수작업에 의존하고 있는 형편이다. 대부분의 기계가공에서 연삭 스톨을 사용하여 디버링 작업을 하고 있다. 버를 제거하기 위한 디버링 작업은 모재의 형상에 변화를 주지 않아야 한다. 따라서 공구의 선택 또한 중요한 제약 조건이다. 최근 브러시 공구를 이용하여 많은 작업이 수행 되고 있다⁽⁷⁾. 본 연구에서는 브러시 공구를 사용하는 디버링 시스템을 각종 센서를 사용하여 가공 공정을 분석 하고자 한다.

* 인천대학교 기계시스템공학부 (shin@incheon.ac.kr)
주소: 402-750 인천광역시 남구 인천대길 319(도화동 235)

2. 이론적 배경

2.1 Root Mean Square(RMS)

각종 취득된 신호를 분석함에 있어서 연속형의 신호를 해석하는 신호의 에너지량을 측정하는 것이 타당하다. 발생된 에너지 값을 비교 하기 위하여 Root Mean Square(RMS)수치로 환산하여 비교한다. 식 (1)은 RMS식을 나타낸다.

$$S = \left[\frac{1}{\Delta T} \int_0^{\Delta T} v^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

2.2 화상처리

2.2.1 경계선 검출

화상의 에지(edge)는 입력영상에 대한 많은 정보들을 가지고 있다. 에지는 물체의 위치, 모양이나 크기 등의 정보를 가지고 있다. 농도를 가지는 모든 에지를 검출하기 위한 많은 방법들이 있으며 어떤 에지 검출방법은 특정한 용도에만 잘 적용될 수 있으며 다른 응용에서는 좋지 않은 결과를 가져올 수도 있다. 이 때문에 용도에 알맞은 에지를 검출하기 위해서 여러 차례의 실험이 요구되기도 한다. 그래서 본 실험에서는 화상이 가지고 있는 잡음을 제거하기 위해 임계값을 정하여 이산화처리를 하여준 후 라플라시안 필터를 이용해 이산화된 화상의 경계치를 부각시켜 화상의 길이를 알아냈다.

2.2.2 임계치 처리

화상처리에서 화상의 고품질표시라는 목적을 제외하면 화상의 해석이나 인식에는 화상의 농담정보가 필요한 경우보다 도형의 모양이나 면적, 길이 등이 필요한 경우가 대부분이며 이런 경우에는 이산(binary) 화상이 더욱 효과적이다. 이산화화상을 얻기 위해서 필요한 처리가 임계치처리이며 한계치처리 또는 이산화처리(binartization)라고도 한다. 컴퓨터로 처리할 때 이산화된 화상은 메모리와 계산 량을 적게 사용함으로써 처리속도와 비용 면에서 이점을 갖게 되며, 이외에도 이산화상처리는 알고리즘의 구현과 이해가 쉽고 기하학적 개념을 적용시키기도 용이하다.

보편적으로 이산화는 임계치(threshold)를 기준으로 배경은 0, 도형은 1의 값을 갖게 되며 임계치의 결정방법에는 크게 고정임계값과 가변임계값을 비롯하여 여러 가지가 있다. 원 화상에 라플라시안 필터를 적용시킬 경우, 심한 노이즈로 윤곽선이 뚜렷이 부각되지 않으나, 임계치처리를 거친 후 라

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Fig. 1 Laplacian Mask

플라시안 필터를 적용시키면 물체의 윤곽선 이외의 부분은 균일한 명도 값을 갖고 윤곽선 부분만 급격한 명도 차를 보임으로써 윤곽선의 검출을 쉽게 할 수 있다. 본 실험에서는 화소의 명도 값이 임계치 이하일 경우는 0, 임계치 이상은 255의 값을 갖도록 하였으며, 화상의 영역별로 명도 차가 심하지 않으므로 고정임계치를 사용하였다. 임계치 처리(thresholding)에서는 화소의 명도값이 임계치를 넘는 경우에는 원래의 값을 유지하고 임계치보다 작으면 0의 값을 갖도록 한다. 식 (2)는 임계값의 식을 나타낸다.

$$f(x,y) = \begin{cases} f(x,y) & ; f(x,y) \geq Threshold \\ 0 & ; f(x,y) < Threshold \end{cases} \quad (2)$$

이때 $f(x,y)$ 는 x,y 에 해당하는 좌표의 명도값(0~255)을 의미한다.

2.2.3 라플라시안 필터

라플라시안 필터(Laplacian filter)는 2차 미분을 이용한 필터로서 명암 값이 급격히 변하는 부분을 추출하며 이 점들을 에지로 정하게 된다. 2차원 공간에서의 필터링은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.(Fig. 1)

$$\nabla^2 f(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \quad (3)$$

3. 실험장치 및 방법

3.1 시편제작

스테인리스 브러시를 이용한 디버링 공정 실험을 위한 시편은 탄소강(SC45)을 유연성 디스크를 이용하여 제작하였다. 밀링머신의 스탠들에 전동 그라인더를 고정하고 공구와 가공물과는 25°의 각도를 이루도록 하고 디스크의 입도는 36, 60, 80을 이용하여 가공하였다. 그라인더의 회전 속도는 11,000rpm으로 고정하고 절삭 깊이는 0.5mm 1.5mm로 변화를 주었다. 디버링 공간에 버의 폭 및 형상에 따라 절삭 현상의 차이를 확인하기 위한 얇은 버와 두꺼운 버형상의 시

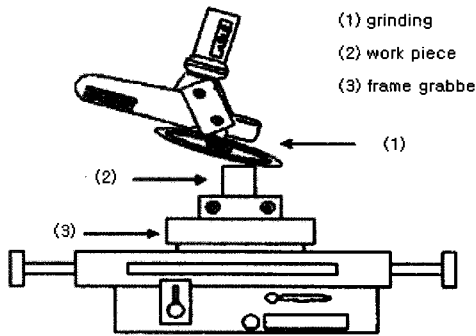


Fig. 2 System diagram of disk grinding

편을 생성하기 위한 절삭 깊이이다. 이송속도는 520mm/min으로 고정하였다. 시편 제작을 위한 실험도는 Fig. 2와 같다.

3.2 실험장치의 구성

버와 브러시와의 접근 각도는 45°를 유지하고 절삭깊이는 5mm를 기준으로 하여 5mm이상인 것과 5mm이하인 것으로 구분하였다. 브러시 형상자체의 진원도 문제와 밀링스핀들과의 지그연결시 편심으로 인하여 정확한 절삭깊이를 유지하기가 어려우므로 절삭깊이에 융통성을 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 공구동력기와 AE센서, 가속도센서를 설치하여 실험장치를 구성하였다. 각종 센서의 데이터는 A/D 컨버터를 이요, 컴퓨터와 연결하여 저장하였다. 가공공정간 브러시의 탈모 현상 및 마모량을 산출하기 위해 전자 저울을 이용하여 가공 전후의 무게를 측정하여 비교하였다. 본 실험에 대한 장치도는 Fig. 3와 같다.

3.3 비전시스템

비전시스템(vision system)은 획득한 영상데이터가 제조공정을 제어할 수 있도록 처리하는 산업기술이다. 이를 생산라인에 적용시킬 경우 검사능률의 향상, 산업재해의 방지, 검사의 균일화 및 기업이미지의 향상등에 큰 기대효과를 가진다. 전체적으로 광원, 프레임 그래버(frame grabber), 조명 등으로 구성되는 이미지 획득부, 이미지 처리를 위한 하드웨어 및 소프트웨어로 구성되는 이미지 처리부 그리고 결과값으로 제조 공정을 제어하기 위한 전기적인 인터페이스(interface)로 구성되는 이미지 출력부로 나누어 진다. 화상

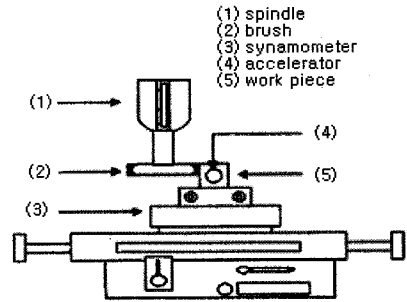


Fig. 3 Experiment apparatus diagram

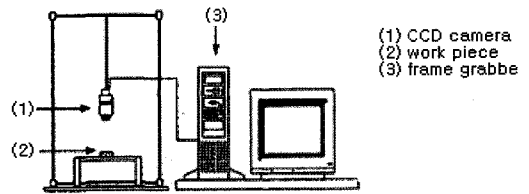


Fig. 4 Diagram of image processing system

취득을 위한 장치도는 Fig. 4와 같다.

4. 실험 결과

4.1 단일 브러시를 이용한 철 시편 가공

4.1.1 AE신호

각 가공조건에 따른 AE 신호를 취득하여 RMS 평균값으로 분석해 본 결과 브러시 필라멘트수가 같을 경우에는 절입깊이를 증가시켜도 AE신호의 변화는 크지 않았다. 하지만 브러시 길이증가에 따라서는 선형적인 변화추이를 나타내었다. 브러시 길이변화는 가공물의 내부 응력에 직접적인 영향을 주는 요소임을 확인할 수 있는 실험결과이다. 필라멘트수 20의 브러시를 이용하여 절입깊이 4mm 가공을 수행한 실험결과를 Fig. 5에 나타내었다.

4.1.2 필라멘트수의 변화

브러시 필라멘트수를 20, 30, 50으로 변화를 주어 그에 따른 신호를 취득하였다. 필라멘트수의 증가에 따라 절삭력의 선형적인 변화를 확인할 수 있었다. 같은 절삭평면에서의 Y축 방향의 경우에도 동일한 현상을 나타내었다. 다음은 브러시 길이 30mm, 절입깊이 6mm에서 신호취득 결과이다 (Fig. 6).

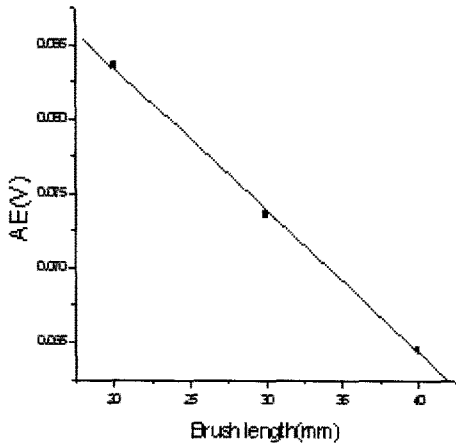


Fig. 5 AE level

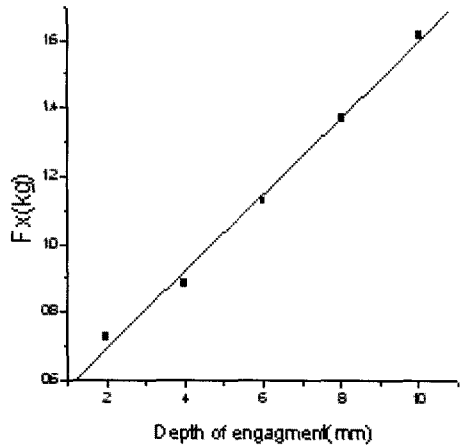


Fig. 7 X-axis cutting force level

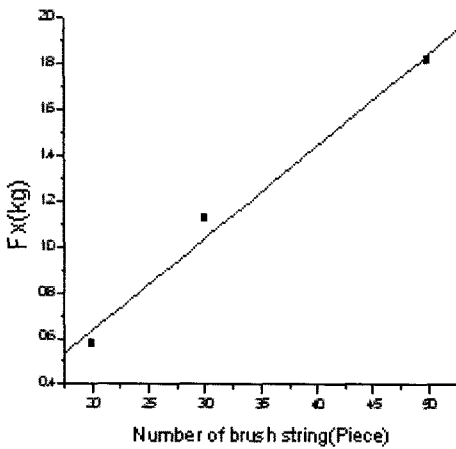


Fig. 6 X-axis cutting force level

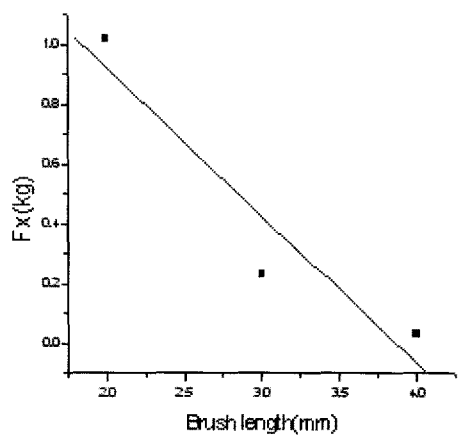


Fig. 8 X-axis cutting force level

동일한 가공 조건하에서 절삭력 증가를 위해서는 브러시의 필라멘트수와 절삭력과의 선형적인 관계를 이용하여 공구를 선택할 수 있다.

4.1.3 절입깊이 변화

절입깊이와 절삭현상과의 상호관계를 확인하기 위해서 필라멘트는 20, 30, 50 단위로 브러시 길이 30mm의 공구를 제작하여 절입깊이를 2mm에서 10mm까지 2mm단위로 증가시켜 취득된 신호의 RMS 평균값을 구하였다. 절입깊이의 증가에 따라서도 절삭력의 선형적인 증가를 확인할 수 있었다. 절삭역학에서 절입깊이에 따른 절삭력의 관계는 다양한 가정 하에 이론식으로 많은 관계식이 유추되었다. 이번 실험

을 통하여 브러시 연삭가공에서도 같은 현상을 다시 한 번 확인할 수 있었다. 다음 Fig. 7은 필라멘트수 30, 브러시 길이 30mm의 공구동력계의 신호이다.

4.1.4 브러시 길이 변화

브러시 길이 증가에 따른 취득신호의 변화는 선형적인 결과를 나타내지 않고 2차 함수형태를 나타내었다. 브러시 길이가 짧아짐에 따라 절삭력이 급격히 증가하는 현상은 확인할 수 있었다. 많은 절삭력이 요구되는 가공조건하에서는 브러시 길이를 짧게 하는 것이 보다 효과적인 방법임을 확인할 수 있었다. 필라멘트수 20, 절입깊이 6mm의 브러시 길이에 따른 실험결과는 다음과 같다(Fig. 8).

5. 결론

각종 기계 가공중 발생하는 모재의 작업 끝단면의 소성변형인 버는 생산공정의 자동화에 의하여 더욱 증가하였다. 그러나 버를 제거하기 위한 디버링 공정에 대한 연구는 미흡한 편이다. 제품의 품질을 높이고 고정밀도의 부품을 생산하기 위해서는 이러한 마무리 공정이 필요하다. 하지만 아직까지 숙련자의 수작업에 의한 공정이 대부분이다. 브러시 공구의 형상이 일정하지 않아 정확한 절삭 깊이를 넣기는 힘드나 유연성으로 어느 정도의 절삭 깊이는 동일한 결과를 나타내었다. 브러시를 이용한 디버링 공정은 절삭 깊이도 중요한 요인 중에 하나이지만 버 폭이 절삭현상에서 아주 중요한 요인임을 알 수 있었다. 버의 형상 및 재질에 따라 적당한 공구를 선택할 수 있는 데이터베이스 구축을 위해 좀 더 연구를 발전시키고자 한다. 고속 회전인 경우 브러시의 형상이 쉽게 변형되어 디버링 공정이 더 이상 이루어지지 않기 때문이다. 이후 손쉽게 구할 수 있는 일반 스테인레스 브러시를 이용한 디버링 공정의 연구가 이루어 져야 할 것이다.

후 기

이 논문은 인천대학교 2009년도 자체 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) Park, D. S., Han, J. Y., Seong, E. J. and Han, I. Y., 2006, "Deburring of the Inner Edge in Intersection Hole by Powder Blasting," *Proceedings of the KSMPE spring Conference in 2006*, pp. 44~49
- (2) Choi, G. J., Kim, Y. W., Shin, S. W. and Ahn, D. S., 1998, "Deburring of Irregular Burr using Vision and Force Sensors," *Journal of the KSPSE*, Vol. 2, No. 3, pp. 83~88
- (3) Won, J. Y., Choi, Y. J., Lee, S. Y. and Choi, H. J., 2003, "Deburring Technology Using Ultrasonic Cavitation," *Proceedings of the KSME fall Conference in 2003*, pp. 1798~1803
- (4) Shin, S. W., Gal, C. S. and Ahn, D. S., 1996, "A Study on the Automation of Deburring Process Using Expert's Skills," *Proceedings of the KSPE fall Conference in 1996*, pp. 685~688
- (5) Bae, J. Y., Joo, Y. M., Kim, J. U. and Lee, S. R., 2002, "A Development of Deburring System using Vision Sensor," *Proceedings of the KSME spring Conference in 2002*, pp. 900~904
- (6) Park, K. T. and Choi, J. W., 1994, "Intelligent Robot System for Deburring," *Proceedings of the KSPE spring Conference in 1994*, pp. 371~376
- (7) Shin, K. S., 2001, A study on the Analysis and Optimization of Brush Grinding Process, A Thesis for a Doctorate, Kyung Hee University, Republic of Korea.

(1) Park, D. S., Han, J. Y., Seong, E. J. and Han, I. Y.,