

원통연삭시 연삭휠의 종류에 따른 연삭 가공특성에 관한 연구

이충석*, 채승수*, 김택수*, 이상민*, 박휘근*, 이종찬[#]

A Study on the Grinding Characteristics for Various Grinding Wheels in the Cylindrical Grinding

Choong-Seok Lee*, Seung-Su Chae*, Taeck-Su Kim*, Sang-Min Lee*, Hwi-Keun Park*
Jong-Chan Lee[#]

ABSTRACT

This paper reports some experimental results of cylindrical external grinding using CBN wheels. Many experimental studies for surface grinding have been done, but not for the cylindrical grinding due to the difficulty of grinding force measurement. In this paper a new experimental device has been proposed for the grinding force measurement in cylindrical grinding. The cylindrical grinding experiments were carried out at various grinding conditions with several CBN grinding wheels. The experimental results indicate that the CBN wheels with smaller grains result in the higher grinding forces in both SCM415 and STD11 workpieces. The grinding forces of all wheels were proportional to the infeed speeds and the difference of each wheels was prominent at high infeed speed for SCM415.

Key Words : Cylindrical Grinding(원통연삭), Infeed speed(절입속도), Grinding Force(연삭력), CBN(Cubic Boron Nitride),

1. 서 론

기계가공에 있어 대표적인 것으로 절삭과 연삭이 있으며 대부분의 기계소재인 강(steel)은 절삭과 연삭 가공에 직·간접적으로 영향을 받고 있다. 특히 그중에서 연삭가공은 매우 범용으로 사용되는 가공법으

로서 IT를 비롯한 첨단산업의 발달과 함께 고정밀을 요하는 기계부품의 수요가 증가하고 있어 연삭가공의 중요성이 점점 증가하고 있으며, 그 가공법 또한 급격한 발전을 해 오고 있다.

연삭가공에 있어서 가공성능을 결정짓는 두 가지 요인은 연삭 휠의 성능과 적절한 가공조건이다. 과거에는 강재를 가공하는 휠은 알루미나(Aluminum Oxide)나 탄화규소(Silicon Carbide)와 같은 일반 연마재가 사용되었지만 현재에는 초연마재인 CBN (Cubic Boron Nitride)이 널리 사용되고 있다. CBN 연마재는

* 금오공과대학교 대학원 기계설계공학과
교신저자 : 금오공과대학교 기계공학부
E-mail : jclee@kumoh.ac.kr

일반연마재(알루미나, 탄화규소)보다 경도가 2배 이상 높고 인성도 갖추고 있어 오랫동안 날카로운 절삭 날을 유지하고 절삭날 마모도 느리게 진행된다. 그러므로 고경도강을 가공함에 있어 매우 우수한 연마재이다. 또한 높은 열전도율로 열의 축적을 방지하여 훨의 눈메움>Loading)현상과 피삭재의 금속학적 손상을 줄여주므로 일반 연마재보다 높은 피삭재 형상과 정밀도를 얻을 수 있다.^[4,7]

이러한 초연마재인 CBN휠도 가공의 특성에 알맞은 입도선정과 적절한 드레싱과 트루잉, 적절한 가공 조건이 결합하여야만 높은 생산성과 가공품질 향상을 이끌 수 있으며, 고가의 훈을 사용함에 있어서 경제성을 향상시킬 수 있다.

일반적으로 평면연삭의 경우 연삭저항을 측정할 수 있는 장치의 구성이 손쉬워 비교적 정확하고 안정된 데이터를 확보함으로 많은 가공조건들이 연구되어 졌다. 하지만 원통연삭의 경우 연삭저항을 측정하기가 매우 어려울 뿐만 아니라 기존방법들은 측정 데이터의 오차가 크고 정확성이 떨어져서 많은 연구가 진행되고 있지 않은 실정이다.

본 실험에서는 원통연삭을 위해 별도로 제작된 지그와 입도 #270, #325, #500의 CBN휠을 이용하여 산업현장에서 많이 사용되는 금형강(STD11)과 합금강(SCM415)의 원통연삭을 통해 각각의 CBN휠에 따른 연삭가공특성을 연구하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 장치 구성도

Fig. 1은 연삭저항력을 측정하기 위한 장치 구성도를 나타낸다.

연삭가공시 훈의 접선방향, 법선방향의 연삭저항을 측정하기 위하여 Fig. 1에서 보는 것처럼 연삭기 베드위에 압전형 공구동력계(Kistler, 9275 B)를 설치하고, 그 위에 지그(Jig)를 부착하였다.

원통연삭은 평면연삭과는 달리 피삭재가 회전을 하기 때문에 연삭저항력을 측정하는데 큰 어려움을 지니고 있다. 현재 원통연삭 저항력을 측정하는 방법에는, 모터에서 연삭시 발생되는 부하를 측정하는 방

식인 연삭동력을 이용한 연삭저항력을 측정하는 방법과 스트레인케이지를 심압대 센터에 부착시켜 연삭저항력을 측정하는 방법이 있다. 이 방법은 스트레인케이지의 부착위치에 따라 측정되는 저항력의 변화가 크고, 정확한 위치에 부착시키기도 힘들뿐만 아니라 일회성의 측정에 국한된다는 문제점이 있다.

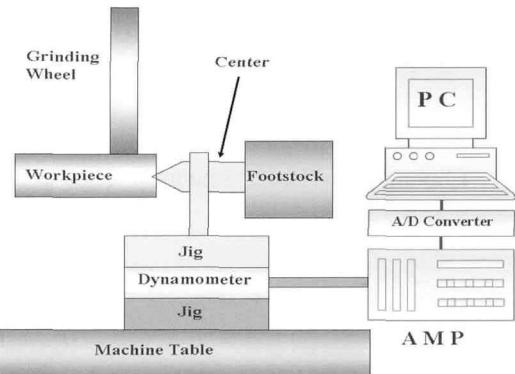


Fig. 1 Experimental Set-up for measuring grinding force

본 연구에서 별도로 제작한 원통연삭저항력측정용 장치는 기존의 방법과는 달리 심압대 센터와 결합된 일체형으로써 연삭기 테이블에 베이스 지그를 설치 후 여기에 공구동력계를 설치하였다. 제작된 원통연삭저항력측정용 지그는 스트레인케이지 부착 방식보다 간단히 연삭저항 측정장치를 구성할 수 있고, 데이터 또한 규칙적으로 받을 수 있는 이점이 있다.

Fig. 2는 본 연구를 위해 별도로 제작된 저항력 측정 장치를 나타낸다.

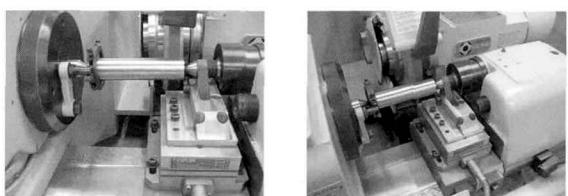


Fig. 2 The device for measuring cylindrical grinding force

원통연삭실험 시 연삭휠과 공작물의 상대운동에 의해 발생되어지는 저항력은 공구동력계에서 발생하

는 아날로그 신호로 변환되어 다채널 증폭기(Multichannel charge amplifier : Kistler 5019A)에서 신호가 증폭된 후 아날로그-디지털 변환기(A/D Converter)를 거쳐 디지털 신호로 변환되어 PC로 전송된다. 이렇게 전송된 Data는 연삭저항력 측정 Software를 통해 검출하게 된다.

2.2 공작물

본 연삭실험의 피삭재로 일반산업현장에서 많이 사용되어지는 합금강(SCM415)와 금형강(STD11)을 선정하였으며, Ø35 mm × 150 mm 재료를 선반에서 중앙부에 Ø35 mm × 20 mm의 단을 형성시키고 나머지는 Ø25 mm로 동일하게 하였다. 그리고 경도 $H_R C 58 \sim 60$ 으로 열처리하여 Ø35 mm × 20 mm의 단 부분을 Ø34 mm로 황·중삭 후 실험을 하였다.

2.3 실험조건 및 방법

Table 1 Experimental conditions for grinding

Grinding machine	Cylindrical Grinding Machine (GUP32×50)	
Workpiece	STD11, SCM415	
Wheel	CBN270N100B CBN325N100B CBN500N150B	D305×d127×b25
Wheel speed	1790rpm (28.6m/s)	
Workpiece rpm	50, 100, 150 rpm	
Infeed speed	150, 300, 450 $\mu\text{m}/\text{min}$	
Grinding type	Plunge & wet & up	
Grinding fluid	W-100S (Water soluble type; 40:1)	
Dressing condition	Dresser	Dressing stick(WA 240)
	Wheel speed	1790rpm (28.6m/s)

각각의 입도에 따른 CBN휠을 이용한 STD11, SCM415의 원통연삭가공특성을 알아보기 위하여 각각의 가공조건의 변화에 따른 연삭저항을 측정 및 비교하였다.

연삭저항의 변화를 살펴보기 위하여 일정한 훨 주속도와 연삭방식(Up, Plunge, Wet)에서 훨의 설정절입깊이와 테이블 이송속도의 변화에 따른 연삭저항의 변화를 살펴보았다. 연삭저항측정은 정확도를 향상시키기 위해 동일조건에서 각각 5회씩 측정하여 그 평균값을 저항값으로 사용하였다.

또한 저항력 데이터의 신뢰성을 확보하기 위하여 매 실험 전 공작물의 표면가공과 연삭휠의 컨디셔닝을 실시하였다.

Table 1은 실험 조건을 나타낸 것이다.

실험에 사용한 연삭 훨은 CBN으로서 외경이 305 mm, 폭이 25mm, 입도는 #270, #325, #500이며, 결합도는 N, 집중도는 100, 150 결합제는 레진본드제이다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 SCM415에 대한 연삭저항력 평가

Fig. 3 ~ Fig. 5는 동일 공작물 회전속도에서 훨의 절입속도에 따른 훨의 입도별 접선연삭저항을 나타낸 그래프이고, Fig. 6 ~ Fig. 8은 동일한 훨의 절입속도에서 공작물의 회전수에 따른 훨의 입도별 접선연삭저항을 나타낸 그래프이다.

그래프에서 보는 바와 같이 본 연구 범위 내에서 모든 입도의 훨에서 동일한 공작물 회전속도에서 절입속도가 빠를수록 접선연삭저항이 커지고, 동일 훨 절입속도에서 공작물의 회전수가 빠를수록 접선연삭저항의 크기가 작아짐을 확인할 수 있다. 또한 대부분의 경우에서 훨의 입도가 작을수록 저항이 크게 발생되고, 훨의 절입속도가 빨라짐에 따라 저항의 상승폭이 더 크며 공작물의 회전속도에 의한 저항의 차이는 크지 않음을 확인할 수 있다. 이는 원통연삭의 경우, 훨의 절입속도는 재료제거율에 직접 관계되나 공작물의 회전수는 재료제거율에 영향을 미치지 않기 때문이라고 판단된다.

훨의 입도가 클수록, 훨의 절입속도에 따른 그래프의 기울기가 더 큼을 알 수 있다. 이 이유는 훨의 입도가 클수록 훨에 눈매움>Loading) 현상의 방지에 유리하므로 상대적으로 가공효율이 높아지기 때문인 것으로 생각된다.

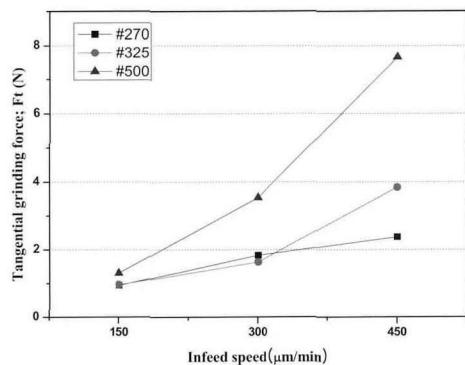


Fig. 3 Grinding force versus infeed speed
(workpiece rpm : 50)

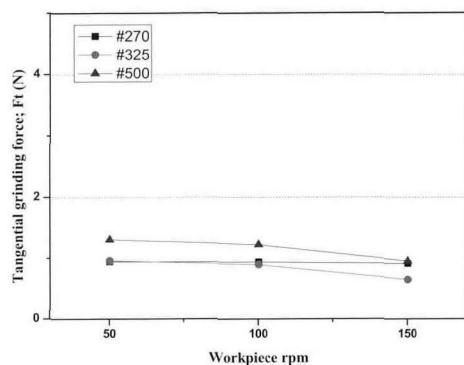


Fig. 6 Grinding force versus workpiece rpm
(infeed speed : 150 μm/min)

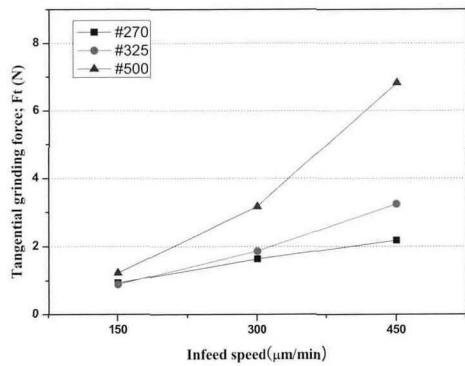


Fig. 4 Grinding force versus infeed speed
(workpiece rpm : 100)

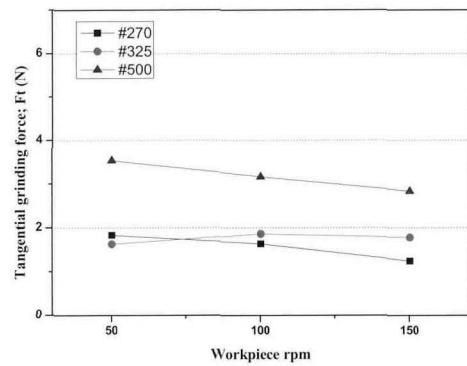


Fig. 7 Grinding force versus workpiece rpm
(infeed speed : 300 μm/min)

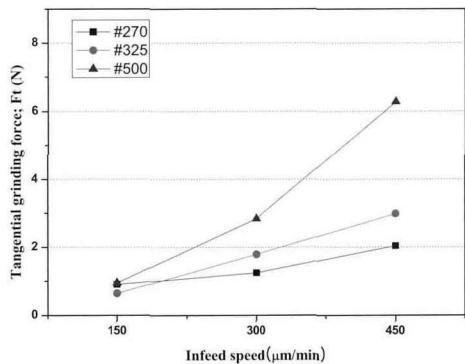


Fig. 5 Grinding force versus infeed speed
(workpiece rpm : 150)

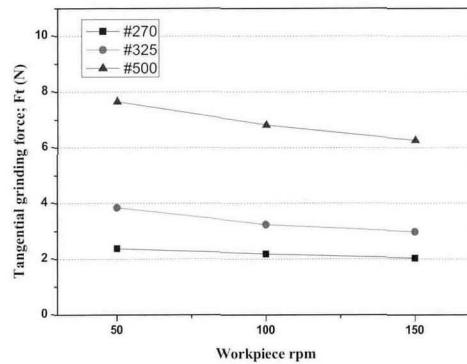


Fig. 8 Grinding force versus workpiece rpm
(infeed speed : 450 μm/min)

3.2 STD11에 대한 연삭저항력 평가

Fig. 9 ~ Fig. 11은 동일 공작물 회전속도에서 휠의 절입속도에 따른 휠의 입도별 접선연삭저항을 나타낸 그래프이고, Fig. 12 ~ Fig. 14는 동일한 휠의 절입속도에서 공작물의 회전수에 따른 휠의 입도별 접선연삭저항을 나타낸 그래프이다.

그래프에서 보는 바와 같이 본 연구 범위 내에서 모든 입도의 휠에서 동일한 공작물 회전속도에서 절입속도가 빠를수록 접선연삭저항이 커지고, 동일 휠 절입속도에서 공작물의 회전수가 빠를수록 접선연삭저항의 크기가 작아짐을 확인할 수 있으나 그 값은 미비하다. 이는 원통연삭의 경우, 휠의 절입속도는 재료제거율에 직접적으로 관계되나 공작물의 회전수

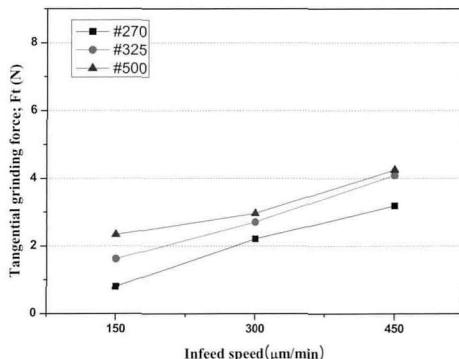


Fig. 9 Grinding force versus infeed speed
(workpiece rpm : 50)

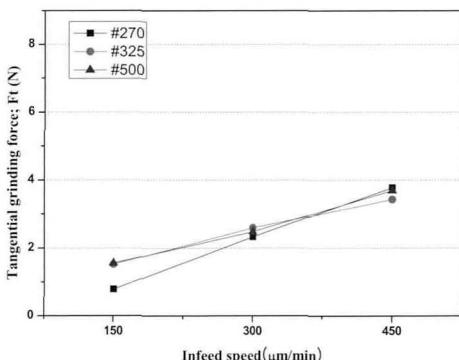


Fig. 10 Grinding force versus infeed speed
(workpiece rpm : 100)

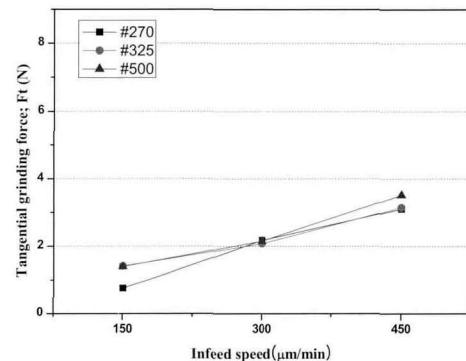


Fig. 11 Grinding force versus infeed speed
(workpiece rpm : 150)

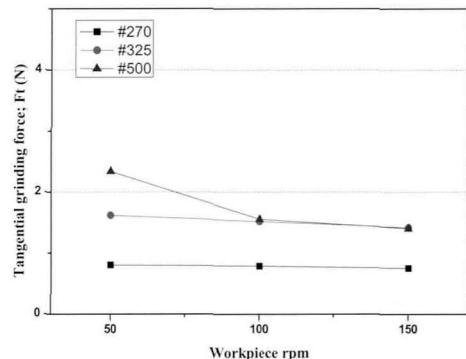


Fig. 12 Grinding force versus workpiece rpm
(infeed speed : 150 $\mu\text{m}/\text{min}$)

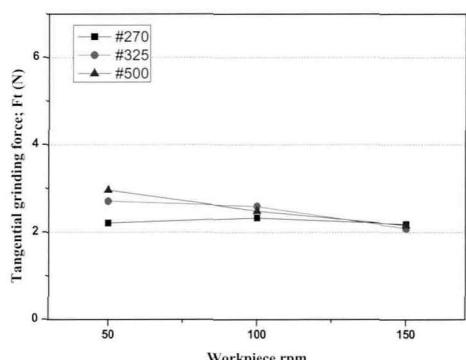


Fig. 13 Grinding force versus workpiece rpm
(infeed speed : 300 $\mu\text{m}/\text{min}$)

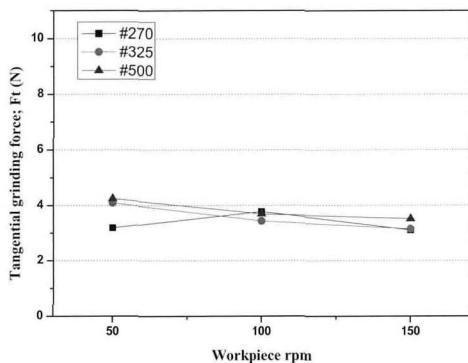


Fig. 14 Grinding force versus workpiece rpm
(infeed speed : 450 $\mu\text{m}/\text{min}$)

기의 상관관계는 미비한 것으로 보인다. 이는 STD11 소재가 SCM415 소재에 비해 훨씬 눈메움>Loading 현상에서 더 자유롭다고 볼 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 SCM415, STD11의 원통외경연삭시 CBN연삭휠의 종류에 따른 연삭특성에 관한 연구를 통해 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 본 연구를 통해 원통연삭저항 측정용 지그를 개발/제작하였고, 그 활용가능성을 확인하였다.
2. 입도 #270, #325, #500의 연삭휠을 이용한 SCM415 연삭실험 결과, 입자의 크기가 작을수록 연삭저항이 크게 걸리며 특히 infeed speed가 클 때 그 차이가 크게 나타났다.
3. 입도 #270, #325, #500의 연삭휠을 이용한 STD11 연삭실험 결과도 입자의 크기가 작을수록 연삭저항이 크게 걸리나 SCM415 에서와 같이 infeed speed가 클 때 연삭저항이 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 SCM415가 STD11 보다 Thermal Softening이 빠르게 일어난데 기인한 것으로 판단된다.
4. 공작물의 회전수 증가에 대하여 연삭저항력 Ft는 감소하였으나 그 감소폭은 크지 않았다.

후 기

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비를 지원 받아 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Malkin,S., 'Grinding Technology', Ellis Horwood, 1989.
2. 河村末久研, “研削加工と砥粒加工” 共立出版 株式会社. pp. 22-46, 1984.
3. 박철우, “연삭가공학 이론과 그 응용”, 과학기술, pp. 11-47, 2002.
4. 이종찬 외, “초연마재를 이용한 연삭·절삭가공”, 문운당, 1998.
5. 서승필, “CBN수돌을 이용한 SCM415와 STD11의 원통연삭 특성에 관한 연구”, 금오공과대학교, 2006.
6. 원종호 외, “CBN휠에 의한 5종 재료의 연삭 특성 비교”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집 pp. 925-929, 2001.
7. 이종찬 외, “초연마재(CBN)를 사용한 연삭가공”, 한국공작기계학회지 제 11권 1호, pp. 20-31, 2002.
8. 하만경 외, “원통외경연삭의 조건선정과 연삭성 예측”, 한국기계가공학회 2005년도 추계학술대회논문집, pp. 250-255, 2005.