

연속전해드레싱을 적용한 머신어블 세라믹의 초정밀 가공

원종구*(인하대 대학원 기계공학과), 이은상 (인하대 기계공학과)

Ultra Precision Machining of Machinable Ceramic by Electrolytic In-process Dressing

J. G. Won (Mech. Eng. Dept. IHU), E. S. Lee(Mechanical Eng. Dept., IHU)

ABSTRACT

Appropriate design/manufacturing conditions, to give outstanding material properties to the Si_3N_4 -BN and AlN-BN based composite materials, will be investigated using the experimental design methods. Ultra-precision machinability of the developed ceramics will be systematically studied in the viewpoint of microstructure and material properties. Also, finite element methods will be applied to define basic principles to significantly improve machinability and various properties. Basic experiments will be performed to develop optimum ultra-precision machining technologies for the developed ceramics.

For ultra-precision lapping machining, need to develop a ultra-precision lapping system, suitable metal bonded diamond wheel, and appropriate condition of ultra-precision lapping machining.

Key Words : Machinable ceramic (머신어블 세라믹), Electrolytic In-process Dressing (연속 전해 드레싱), Ultra-precision machining(초정밀 가공), Appropriate condition of machining(적절한 가공 조건)

1. 서론

세라믹은 내식성, 내마모성등의 특성을 가지고 있으며, 다양한 곳에 적용(전기기기, 생체, 광학)할 수 있어, 그 사용범위가 증가하고 있으나, 가공이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 하지만 공작기계와 공구(고속도가, 초경합금)를 이용하여 절삭가공이 가능한 세라믹이 개발되었다.⁽¹⁾ 이와 같은 세라믹은 쾌삭성 세라믹 또는 머신어블 세라믹이라고 불리어지고 있다.

머신어블 세라믹으로서 널리 이용되는 재료는 질화붕소(BN) 입자들의 벽계성을 이용한 질화붕소(BN)-세라믹(Si_3N_4 , AlN)계⁽²⁾, 운모결정의 벽계성을 이용한 운모-유리 세라믹계 등이 있다. 1920 년대에 미국에서 천연운모를 저융점 유리에 결합시킨 운모계 세라믹으로 시작되어, 1970 년대에 들어서 불소 금운모를 석출시킨 결정화 유리의 개발 이후 본격적으로 연구가 활발히 진행되어 초기에는 운모-유리 결합체, 운모-소결체, 운모-인산염 결합체 등에 관한 연구가 행해졌고, 결정화법에 의한 머신어블 세라믹의 개발이 이루어진 후 많은 연구가 수행되고 있다. 현재, 기계가공성 결정화유리는 정

밀측정기기의 부품, 내열절연판, 내산, 내알칼리 기기, 각종 전기절연기판 등과 같이 그 이용범위가 넓다.

질화붕소(BN)-세라믹(Si_3N_4 , AlN)계 복합재료는 운모계 결정화유리에 비하여 내열성, 강도 및 열전도성 등이 우수하여 용융금속 처리용 치구 등에 응용되고 있다.⁽²⁾

머신어블 세라믹은 난삭성과 경취성을 가진 재료이기 때문에 래핑 가공 시 초지립 메탈 본드 슷들(Super-abrasives metal-bonded wheel)의 이용이 필수적으로 요구되어지고 있다.⁽³⁾

하지만, 이러한 재료를 초지립 메탈 본드 슷들(Super-abrasives metal-bonded wheel)로 가공할 경우 잦은 눈매움, 날무디어짐 현상에 의해 많은 드레싱이 요구된다. 이에 최근 전기분해원리를 적용한 연속 전해 드레싱 기술이 개발되었다.⁽³⁾⁻⁽⁴⁾

이 가공법은 연삭과 래핑의 장점만을 합한 방법으로써 일정한 정압을 이용하여 휠 의 평탄도와 표면 거칠기를 공작물에 전사 시키는 래핑 가공법과 빠른 시간 안에 공작물을 제거하는 연삭의 가공법을 복합한 가공 방법이다.

본 연구에서는 래핑 머신에 초지립 메탈 본드

래핑 슷돌을 장착하여 전해 드레싱 기법을 적용하여 머신어블 세라믹에 대한 시간과 속도에 따른 표면 거칠기 변화를 연구하였다.

2. 연속 전해 드레싱의 원리

전도성 전해액에 전류를 인가하여 슷돌의 초지립을 안정적으로 돌출, 가공에 이용할 수 있는 드레싱 방법을 연속 전해 드레싱(Electrolytic In-Process Dressing)이라고 한다.

연속 전해드레싱을 적용하는 가공의 장점은 자율적인 제어에 의해 연속적인 드레싱에 의한 고능률 초정밀 가공이 가능하다는 것이다.

Fig. 1 은 연속 전해 드레싱의 원리를 나타낸 것으로서 미세한 다이아몬드 연마재를 가진 메탈본드 슷돌은 트루잉 작업 후에 연마재와 결합체가 평탄화 되어 연마성이 저하된다.(1)

그래서 초기 전해 드레싱을 통하여 연마재를 돌출 시킨다.(2)

이 전해현상에서 래핑 슷돌의 결합체가 용출한 후 빠르게 부도체 피막(수산화철, 산화철 등)에 의한 절연 층이 래핑 슷돌 표면에 형성되어 과도한 용출은 방지된다.(3)

그리고 래핑을 시작하면 공작물이 이 부도체 피막과 접촉하여 연마재가 마멸된 분량만큼 피막이 벗겨진다.(4)

이렇게 되면 피막에 의한 절연이 저하되고 또다시 결합체가 필요한 만큼 용출 되어 연마재의 돌출이 유지된다.(5)

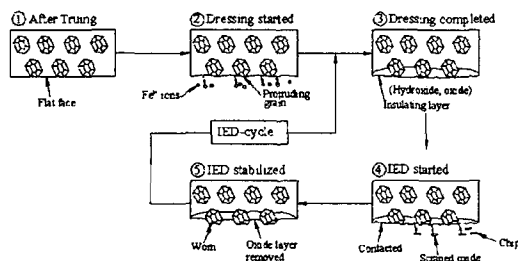


Fig. 1 Mechanism of IED lapping

3. 실험 장치 및 방법

전원공급 장치의 양극은 흑연 브러시를 사용하여 초지립 메탈 본드 래핑 슷돌에 장착하고, 음극은 순동으로 제작된 전극에 장착하였다. 전극과 래핑 슷돌간의 간격 사이를 전도성 전해액을 통과시켜 전해현상을 발생시킨다.

그리고 공작물을 고정시키기 위해 리테이너와

일정한 가압을 작용시켜, 공작물의 진동을 최소화하고, 표면 거칠기를 향상시키기 위한 지그를 사용한다.

전해액의 안정적인 공급을 위해 필터를 설치하였다. 필터를 설치하지 않을 시, 가공시간이 경과하면서 전해액의 불순물로 인한 원활한 전해 드레싱이 저하되기 때문이다.

다음의 Fig. 2 은 본 실험 전체에서 사용된 시스템의 사진을 나타낸 것이며, Table 1 은 시스템의 구체적인 사양을 보여주고 있다.

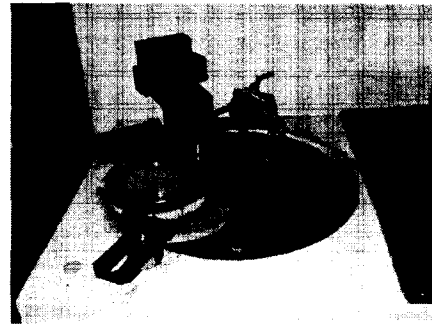


Fig. 2 IED Lapping of system

Table 1 Specifications of In-Process Electrolytic Dressing Lapping System

Lapping Machine	Single-sided Lapping Machine
Lapping Wheel	Cast Iron Bonded Diamond Lapping wheel(CIB-D) (\varnothing 380 X W25mm #8000 conc.100)
Power Supply	IEDS Power Supply
Electrolytic Fluid	Solution tpyle(20:1)
Workpiece	Machinable Ceramic (Si_3N_4 , AlN : 0%, 10%, 20%, 30%)

전원을 공급하는 전원공급장치의 Ton on/off 값은 0-999us 까지, 전압은 최대 0-90V 까지이며, Ip 값은 0-19A 사이에 조정이 가능하다.

본 실험에서는 전극과 슷돌의 간격은 간극 게이지(Gap Gage)를 사용하여 0.4mm 를 유지시켰으며, 물과 전해액을 20:1 로 섞은 전해액을 사용하였고, 피크전류(Ip)를 40A, 펄스 유지, 휴지 시간(Ton on/off)을 20us 의 상태에서 30 분간 초기 전해 드레싱을 실시하였다. 지그는 2.5Kg 으로 가압한다.

스틀 표면에 절연 피막을 형성하기 위해 초기

전해드레싱을 실시한다. 초기 전해드레싱을 시작한지 10 분이 지나면, 전류값은 급격히 감소하고, 전압값은 증가한다. 이 변화는 절연피막 형성에 기인한다.

실험재료는 질화붕소(BN)가 0% ~ 30% 함유된 머신어블 세라믹(Si_3N_4 , AlN)을 사용하여, 두 재료의 성분에 따른 표면 거칠기 변화, 속도에 따른 변화, 질화붕소(BN) 함유량에 따른 변화를 측정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 시간에 따른 표면 거칠기 비교

Si_3N_4 를 위에 제시한 조건 하에 가공을 하였으며, 질화붕소(BN) 함유량은 0%, 10%, 20%, 30%이었고, 5분 간격으로 표면 거칠기를 측정하였다.

Fig. 3 는 그 결과를 나타내는 그래프이다.

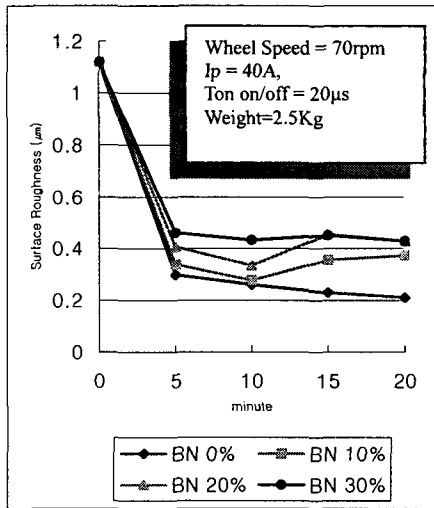


Fig. 3 Surface roughness of Machinable Ceramic(Si_3N_4)

표면 거칠기 값은 질화붕소(BN)의 함유량에 따라 표면 거칠기 값이 높아지는 경향을 나타내었다.

또한 질화붕소(BN)가 함유되지 않은 세라믹의 가공에서는 시간이 지날수록 더욱 좋은 표면 거칠기 값을 나타내었지만, 질화붕소(BN)가 함유된 머신어블 세라믹은 일정시간을 초과한 후에는 표면 거칠기 값의 향상이 나타나지 않거나, 표면 거칠기 값이 나빠지는 현상을 보였다.

본 실험에서 최적의 가공 시간은 10 분에서 가장 좋은 표면 거칠기 값을 나타내었다.

Fig. 4 는 질화붕소(BN) 함유량에 따른 가공전과 가공후의 사진을 보여주고 있다.

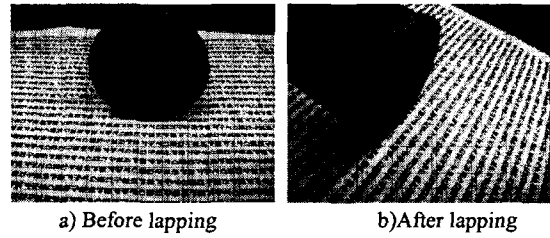


Fig. 4 Comparison of surface clarity (Si_3N_4 10%)

위의 결과에서는 질화붕소(BN)의 함유량이 높을수록 같은 조건 하에서 표면 거칠기 값이 높아짐을 알 수 있다. Fig. 5 은 Fig. 3 에 나타난 동일한 실험조건에서 AlN 과 질화붕소(BN)가 함유된 머신어블 세라믹을 가공한 그래프와 결과를 나타낸 그래프이다.

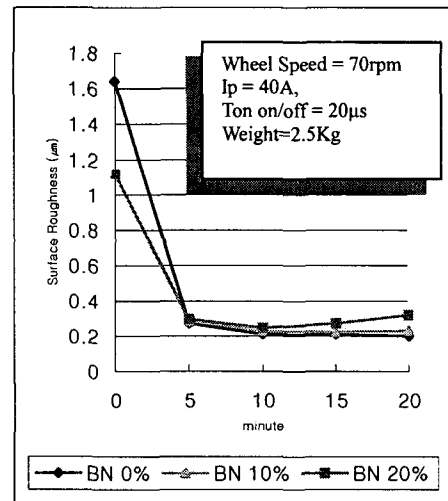


Fig. 5 Surface roughness of Machinable Ceramic(AlN)

Si_3N_4 과 질화붕소(BN)가 함유된 머신어블 세라믹과 마찬가지로 질화붕소(BN)의 함유량이 높아질수록 표면 거칠기 값이 높아졌다.

표면 거칠기 값이 높아지는 원인은 질화붕소(BN)의 입자 특성에 기인하는데, 질화붕소(BN)의 함유량이 높아질수록 가공 시 발생하는 탈락입자의 크기가 커지기 때문으로 판단된다.

Fig. 6 은 머신어블 세라믹(Si_3N_4)의 파단 면을 SEM 으로 촬영한 것이다. 질화붕소(BN)의 함유량이 커짐에 따른 표면 조직을 나타내고 있다.

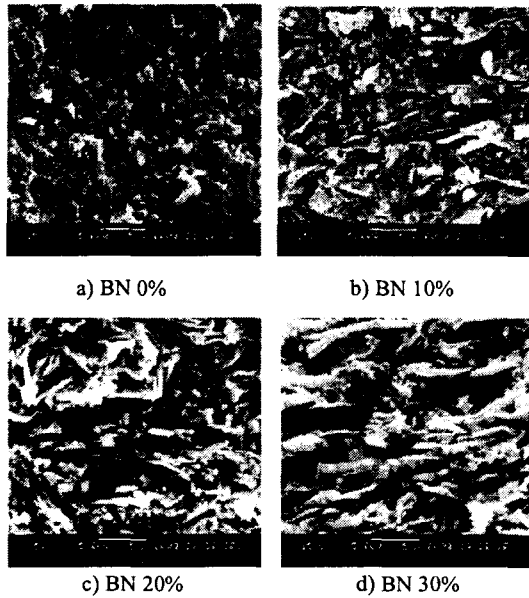


Fig. 6 SEM of Machinable Ceramic (Si_3N_4)

4.2 속도에 따른 표면 거칠기 비교

일반적으로 스톨의 회전속도가 빠를수록 표면 거칠기 값이 향상된다. 머신어블 세라믹 또한 이와 같은 결과값을 확인하기 위해 실험을 수행하였다.

Fig. 7는 그 결과를 나타내고 있다.

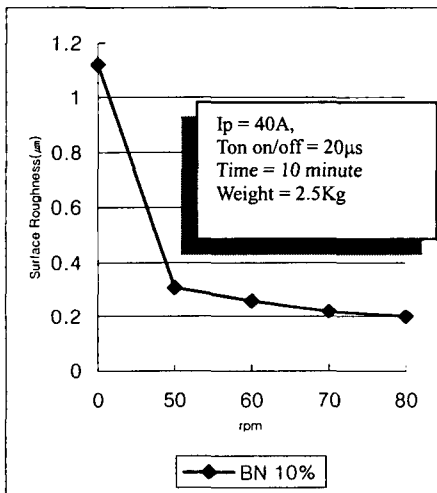


Fig. 7 Relationship between Surface roughness and Lapping

Fig. 7은 연속 전해 드레싱을 적용한 경우의 평균 표면 거칠기를 표시한 것이고, 래핑 스톨 속도를 높일수록 표면 거칠기 값이 향상됨을 알 수 있다. 이는 래핑 스톨의 속도가 증가할수록 래핑 저항이 감소하므로 발생하는 결과로 표면 거칠기가 $\text{Ra } 0.2\mu\text{m}$ 까지 향상되었다.

5. 결론

1. 질화붕소(BN)가 함유되어 있지 않은 재료가 가장 좋은 표면 거칠기를 나타내었고, 시간이 지날수록 향상되는 표면 거칠기 값을 나타내었으며, 속도가 증가할수록 표면 거칠기 값이 향상되었다.
2. 질화붕소(BN)가 함유된 재료는 10 분에서 가장 좋은 표면 거칠 값이 나타났다. 10 분 이상 가공 시에 표면 거칠기의 변화는 극히 미미하거나, 악화되었다.
3. 질화붕소(BN) 함유량이 증가할수록, 표면 거칠기 값이 증가함을 보이고 있는데, 가공 시 입자 이탈의 크기가 커져, 거친 표면 거칠기를 나타내어지기 때문으로 사료된다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2001-000-00257-0)지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. 이길우, 김순태, "세라믹스의 절삭거동에 관한 실험적 연구," 요업학회지, 30(5), 420-426, 1993
2. Kee Sung Lee, Seoun Dun Lee, Do Kyung Kim, "Quasi-Plasticity of Si_3N_4 -BN Composites," 한국재료학회지, 8(3), 1998
3. E.S.LEE, J.D.Kim "A Study on the Analysis of Fringing Mechanism and Development of Dressing System by using Optimum In-Process electrolytic Dressing," Int.J.Mach. Tools. Manufact. Vol.37, No.12, pp.1673 ~ 1681, 1997.
4. N.Itoh, H.Ohmori "Finishing Characteristic of ELID-lap grinding Using Ultra Fine Grain Lapping wheel," International Journal of JSPE, Vol.30, pp.305~308, 1997