

전해 드레싱을 이용한 고품위 내면 연삭 가공에 관한 연구

강재훈*

A Study on the Internal Grinding with High Quality Using Interval Type Electrolytic Dressing Method

Jae-Hoon KANG*

Abstract

The establishment of a practical ultra-precision grinding technique using Diamond and CBN wheels is one of the major key technologies to improve production techniques for machine-to-difficult materials without finishing process such as lapping and polishing. But the special efficient dressing technique for ultra-fine grit type grinding wheels to stabilize the grinding ability was not developed.

Recently, electrolytic in-process dressing technique is proposed to ultra-fine grit type metal bonded diamond wheels to protrude abrasives continuously from the tool surface. This technology can be widely used to surface grinding and cylindrical grinding, but cannot be used efficiently to internal grinding because of the electrode attachment trouble.

This paper describes the effect of interval type electrolytic dressing as proposed newly to cast iron bonded diamond wheel for efficient internal grinding with mirror type high quality ground surface.

Key Words : ELID(전해 연속 드레싱), Diamond Wheel(다이아몬드 연삭휠), High Quality(고품질), Interval Type Electrolytic Dressing(간헐식 전해 드레싱), Electrode(전극), Internal Grinding(내경 연삭)

1. 서론

연삭 가공은 기계적인 제거 가공중 다듬질 공정에 적용되는 방식으로써 대부분의 부품 생산 공정에 도입되고 있는 바, 래핑 및 폴리싱 등의 후가공에 의하여 얻을 수 있는 고품위의 최종 경면을 획득할 수 있다면 공정 단축에 의한 생산성 향상 측면을 동시에 만족시킬 수 있는 큰 효

과를 얻을 수 있을 것이다.

이를 위해서는 미세 지립형의 연삭 휠을 효율적으로 적용하는 것이 바람직하겠으나 기존에는 적절한 드레싱 방법이 제시되지 않아 가공면 품위를 향상시킬 수 있는 사용 한도의 입도가 제한되었던 것이 사실이다.

H. Ohmori 등은 연삭 가공 공정 중에 있어서 연속적으로 드레싱을 수행함으로써 지립의 절삭 날끝이 항상 유지

* 한국기계연구원 자동화연구부 정밀가공그룹 선임연구원

되도록 하거나 특히, 고입도형 연삭 휠의 경우에 있어서 미세한 지립의 돌출 높이를 신뢰성과 재현성있도록 제어하기 위하여 초지립형의 연삭 휠에 대한 전해 연속 드레싱(Electrolytic In-process Dressing: ELID)기법을 제안하여 최근 적용 중에 있다.⁽¹⁾

ELID 기법에 의한 연삭 방법은 복합 연삭이 아니라 특수한 분해 작용을 이용한 인프로세스 드레싱 방식에 의하여 연삭 스톨의 연삭 성능을 일정하게 유지하는 연삭 기술이다.^(2, 3) F. Yasuchika 등은 이러한 특수한 전해 현상이 연삭 휠을 연속적으로 용출하여 드레싱을 하는 것이 아니라 연삭 휠의 마멸에 대응하여 순응적으로 진행되도록 작용하는 것이라는 것을 규명한 바 있다.⁽⁴⁾

전해 연속 드레싱 기법의 적용을 위해서는 극성의 부여를 위하여 연삭 휠 측에 대한 전극의 도입이 필요하며 평면 연삭 가공이나 외경 원통 연삭 가공에 있어서는 일반적으로 연삭 휠의 외경에 대한 약 1/4-1/3 정도 크기의 전극을 장착하는데 별다른 문제점이 제기되지 않는다.

그러나 내경 원통 연삭의 경우에 있어서는 연삭 휠과 전극이 동시에 공작물의 내경으로 트래버스 오실레이션 운동을 하기 위해서는 특수한 유닛트화 되도록 제작하여 적용할 수 있겠으나 그 크기에 따라 내경 가공의 한계가 제한될 수 있으므로 범용성에 있어서 제약을 받을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 간헐적으로 전해 드레싱이 이뤄지도록 하여 미세립형의 초지립 연삭 휠을 충분히 신뢰성 있게 사용함으로써, 고품위의 내경 원통 연삭 가공을 수행할 수 있도록 할 수 있는 효율적인 방식을 제안, 실험하여 그 적용 효과를 검증하고자 하였다.

2. 내경 연삭 휠의 간헐식 전해 드레싱

Fig. 1에는 전해 드레싱의 메커니즘을 도식적으로 나타내었다.

가공을 수행하기 직전 초기 전해 드레싱을 실시한 후의 연삭 스톨에 의한 연삭을 개시하면 미세한 지립들이 공작물과의 기계적인 간섭을 시작한다.

가공의 진행과 더불어 돌출된 지립들이 마멸됨에 따라 부도체 피막도 동시에 벗겨지기 시작한다. 부도체 피막이 벗겨지면 연삭 스톨의 가공면에 있어서 전기적인 전도성이 증가하여 전해 작용이 촉진되며 부도체 피막이 임의

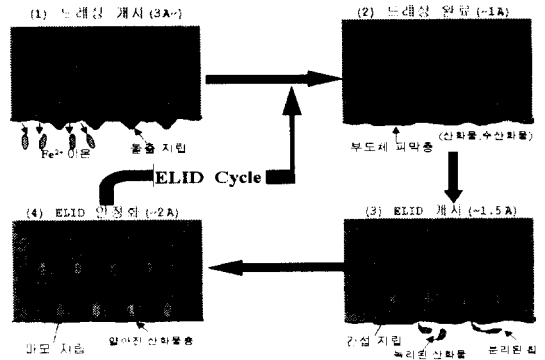


Fig. 1 Mechanism of Electrolytic In-process Dressing

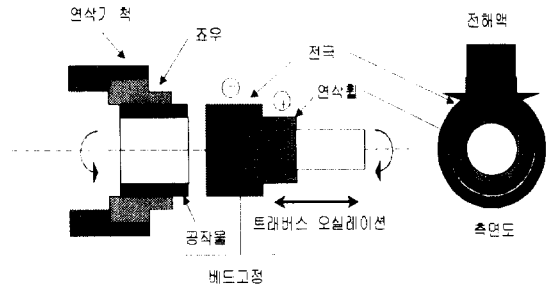


Fig. 2 Diagram of Interval Type Electrolytic Dressing Method

의 양 정도로 재생된다. 이렇게 가공에 따라서 전해 작용이 진행되므로 지립의 돌출은 항상 일정하게 유지될 수 있다.

Fig. 2에는 주철 본드형 다이아몬드 연삭 휠에 대한 간헐식 전해 드레싱의 기본 원리를 나타내었다.

연삭 휠은 내경 연삭용 어태치먼트의 중심부에 원할하게 접촉하는 급전체(브러쉬)에 의하여 양극이 되고 연삭기의 베드 위에 장착한 고정용 치구 위치한 전극은 음극이 된다.

양극간에 약 0.1 mm 정도의 극간을 유지시켜 통전성의 연삭액을 공급함으로써 양극간에 전압이 인가되어 전기적인 분해 작용이 이뤄지게 된다.

전극은 전도성을 고려하는 한편, 전해액의 공급이 원활하게 이뤄지도록 상부가 열린 파이프 형상의 구리를 사용하며, 이 때 전극의 너비는 연삭 휠의 너비와 동일한 치수가 되도록 한다.

3. 내경 연삭 가공 실험

3.1. 실험 장치 및 방법

본 실험의 시스템과 전해 전원 공급 장치를 Fig. 3, 4에 나타내었다.

본 실험에서 사용한 연삭기는 일본 미쓰이 정공사의 원통 연삭기(모델 MS210)이며, 전해 전원 공급용 장치는 일본 Fine Sodick사의 Power supply unit(모델 SUE-87, 90V/36A, τ_{on}/τ_{off} 1-100 μ s)이다.

연삭 휠은 직경 30mm, 너비 20mm를 지니는 일본 후지 다이샤사의 주철 본드형 다이아몬드 연삭 휠로써, #325/600, 2000, 4000 입도형의 4종류를 채택하였다.

공작물은 99.7%의 고치밀도형 알루미나 세라믹스와 베어링강, SKH11, SKD59의 4종을 대상으로 하였다.

전해액은 일본 노리다케사의 AFM20을 증류수에 40배



Fig. 3 Experimental System



Fig. 4 Power Supply Unit

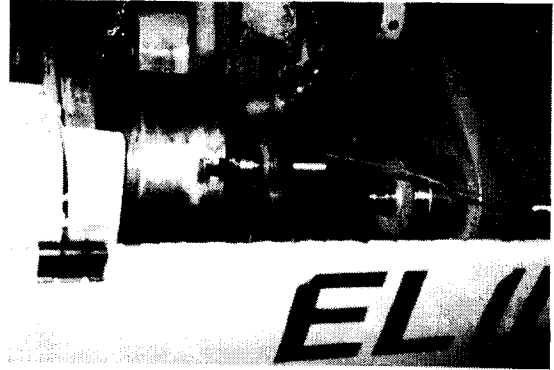


Fig. 5 Initial Truing Process

Table 1 Truing and Experimental Conditions

조건 항목	트루잉 공정	가공 실험조건
연삭 휠 주속도 (m/min)	600	600
공작물(트루어) 회전 속도 (rpm)	80	100-400
트래버스 이송 속도 (mm/min)	30	20-100
절삭 깊이량 (μ m/pass)	5	1-10
Pulse on/off time(τ_{on}/τ_{off}) (μ s)	4	1-4
전해액 공급량 (l/min)	0.8	0.8-1.2
최종 스파크 아웃수 (회)	-	2
절삭 깊이량 부가 방식	양단 절입 방식	양단 절입 방식

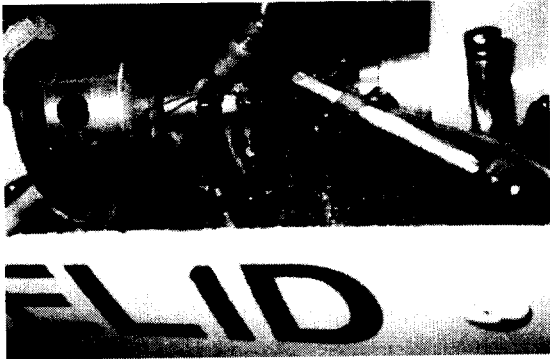
로 회석하여 사용하였다.

연삭 휠의 초기 트루잉은 Fig. 5와 같이 직경 80mm, 너비 5mm를 지니는 카본 휠을 아버에 장착하여 트루어로 사용하면서 방전 작용에 의한 트루잉이 이뤄지도록 하였다.

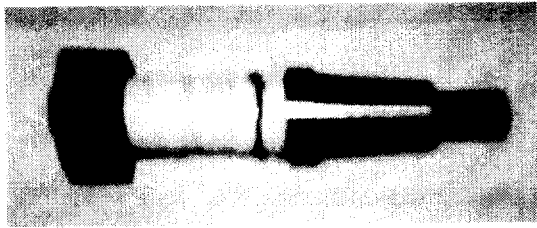
트루잉 공정에서는 내경 연삭 휠용 어태치먼트의 중심부에 원활하게 접촉하는 급전체(브러쉬)를 부여하여 양극이 되도록 하는 한편, 트루어의 외주면에 구리 박판을 접촉하도록하여 음극이 되도록 하였다.

이 때 트루어의 왕복 오실레이션 운동과 함께 초기에 부분적으로 발생되던 방전 불꽃이 연삭 휠의 전면에 걸쳐 일정하게 발생할 때까지를 육안으로 판별하여 트루잉 공정 주기로 정하였다.

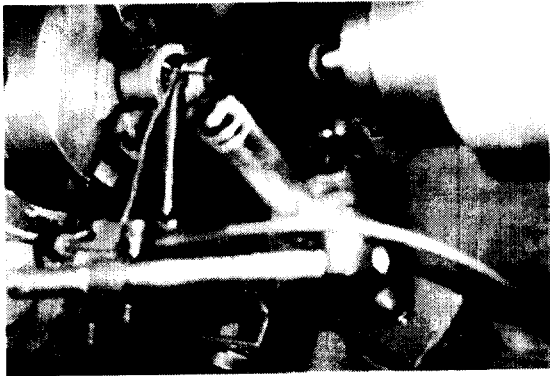
가공 실험은 연삭 휠과 공작물의 속도, 연삭 휠의 트래버스 이송 속도, 절삭 깊이량 및 Pulse on/off time(작동/휴지 시간) 등을 변화하며 수행하였으며, 트루잉 조건 및 가공 조건을 Table 1에 나타내었다.



(A) SKD-11 가공



(B) 내경 연삭 휠



(C) SKH-59 가공

Fig. 6 Experimental Process and Tool

Fig. 6에는 가공 실험 및 가공 공구의 사진을 나타내었다.

3.2. 결과 및 고찰

충분한 전해 작용에 의한 연삭 휠의 부동태 피막층이 안정되게 형성되어 신뢰성있는 가공을 수행하기 위해서는 비가공 초기시의 전류치 변화에 대한 거동을 파악할 필요가 있다.

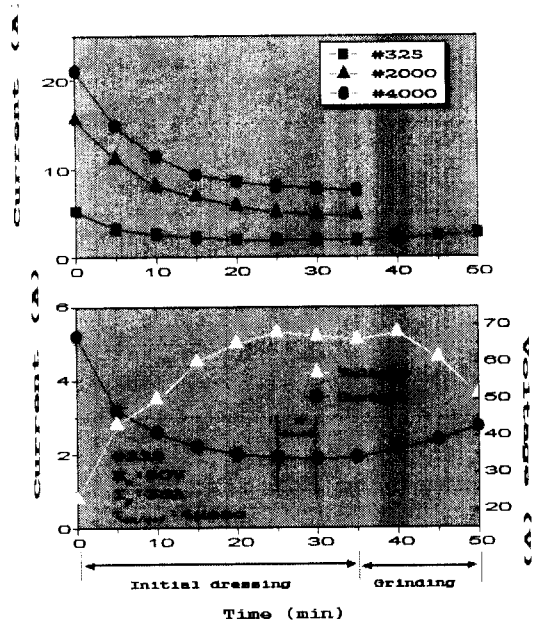


Fig. 7 Variation of Current According to Time Flow

Fig. 7에는 입도 2000의 연삭 휠을 대상으로 초기 드레싱을 수행할 시 시간의 변화에 따른 전류치의 변화를 측정하여 나타내었다.

그림으로부터 초기 36A의 전류치는 각 연삭 휠의 사양별로 5-10A 정도로 급격히 감소한 후, 시간의 경과에 따라 점차 감소하다가 약 25-30 분후부터는 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 따라서 초기 드레싱시의 용출에 의한 지립 돌출 과정을 거쳐 부동태 피막층이 형성되어 안정된 연삭 휠 가공면 상태를 갖추게 되었음을 확인할 수 있다.

동일한 베어링 강을 대상으로하여 연삭 휠의 입도를 변화하며 가공을 수행한 경우에 있어서의 가공면 품질을 측정, 비교하여 Fig. 8에 나타내었다.

입도 325, 600, 2000, 4000 연삭 휠의 경우에 대하여 각각 절삭 깊이량은 10, 4, 2, 1 μ m/pass, 트래버스 이송 속도는 100, 60, 40, 20mm/min, 공작물 회전 속도는 100, 150, 300, 400rpm으로 하여 순차적인 가공 공정으로 수행하였다.

그림으로부터 입도 325의 연삭 휠로만 가공한 경우에 있어서의 가공면 거칠기는 일반 연삭의 경우와 거의 차이가 나지 않는다는 것을 알 수 있어 적용의 의미가 거의 없다고 할 수 있다.

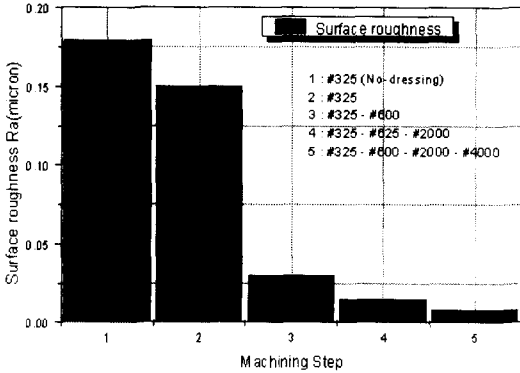


Fig. 8 Relationship between Machining Conditions and Surface Roughness

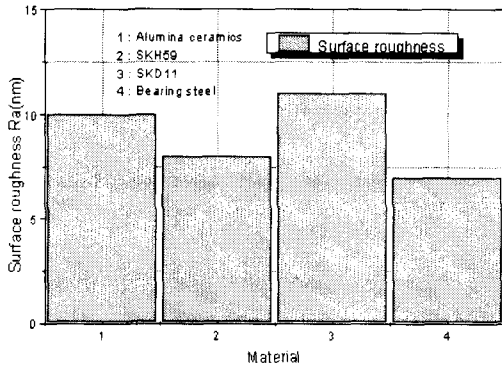


Fig. 9 Comparison of Surface Roughness

또한, 그림으로부터 입도 4000의 연삭 휠을 최종적으로 사용한 경우에 있어서 가공면 거칠기가 약 Ra 8nm 정도로 나타나 고품위의 경면에 가까운 상태를 획득할 수 있음을 알 수 있다.

알루미나 세라믹스 및 베어링 강과 SKD, SKH 등의 금속재를 대상으로 하여 최종적으로 입도 4000의 연삭 휠을 사용한 가공후 가공면 거칠기를 측정하여 Fig. 9에 나타내었다.

그림으로부터 입도 4000의 연삭 휠에 의한 가공면 거칠기는 약 Ra 7-13 nm 정도로 고품위의 가공면 상태를 획득할 수 있음을 알 수 있으며, 경도가 높은 금속재일수록 다소 가공면 거칠기가 상대적으로 더욱 양호하다는 것도 확인할 수 있다.

Fig. 10에는 가공면 거칠기의 측정 데이터 예를 나타내었다.

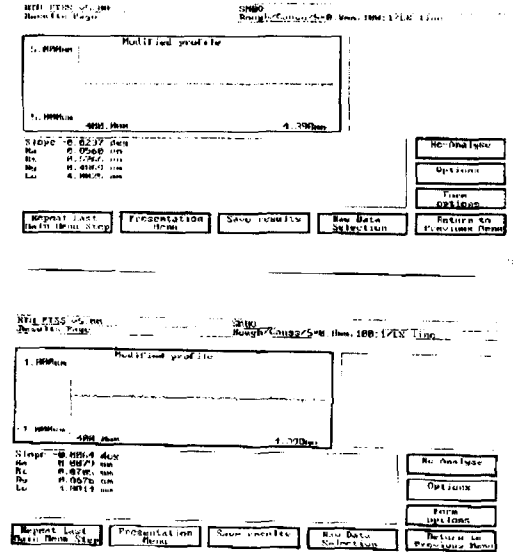
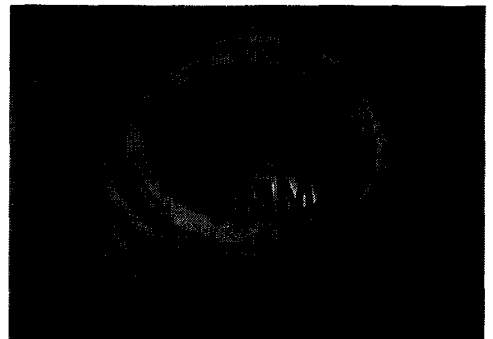


Fig. 10 Example of Measured Surface Roughness



SKH51내경연삭, #4000



세라믹 Al2O3, #4000

Fig. 11 Ultra Precision Ground Surface with Mirror Shape

Fig. 11에는 고품위의 경면 가공된 내경 연삭면의 상태를 비교하여 사진으로 나타내었다.

4. 결 론

내경 원통 연삭의 경우에 대하여 고품위의 경면 가공을 실현하기 위하여 간헐식 전해 드레싱 기법을 제안하고 실험적으로 그 가능성을 규명하였다.

실험 결과로부터 세라믹스와 금속재의 경우에 대하여 모두 가공면 거칠기 Ra 7-13nm 정도의 나노미터급 고품위 경면 가공 품질을 획득할 수 있어 후가공을 생략한 고정도의 가공으로 적용할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- (1) H. Ohmori, K. Toyama and T. Nakagawa, "Grinding of Silicon using Cast Iron Fiber Bonded Wheel", Preprint for Autumn Conference of JSPE, pp.715~716, 1988.
- (2) H. Ohmori, "In-process Dressing Grinding Technique for Ultra-precision Mirror Surface Machining", Int'l Journal of JSPE, Vol.26, No.4, pp.273~277, 1992.
- (3) H. Ohmori, "Influence of Electrical Conditions on Ultra-precision Mirror Surface Grinding with Electrolytic In-process Dressing", 1st Int'l ABTEC Conf., pp.68~73, 1993.
- (4) F. Yasuchika, T. Miyazawa, "Cast Iron Bonded Diamond Wheel and Electrolytic In-process Grinding", Journal of the Society of Grinding Engineers, Vol.40, No.6, pp.20~21, 1996.