한국공작기계학회 '98년도 추계학술대회 논문집 pp. 44 ~ 47

전해 드레싱을 이용한 고품위 내면 연삭 가공에 관한 연구

강재훈 (한국기계연구원)

1. 서 론

연삭 가공 공정 중에 있어서 연속적으로 드레싱을 수행함으로써 지립의 절삭 날끝이 항상 유지되도록 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)기법이 제안되어 최근 적용중에 있다.

ELID 기법에 의한 연삭 방법은 복합 연삭이 아니라 특수한 분해 작용을 이용한 인프로세스 드레싱 방식에 의하여 연삭 숫돌의 연삭 성능을 일정하게 유지하는 연삭 기술이다. 이러한 특수한 전해 현상은 연삭 휠을 연속적으로 용출하여 드레싱을 하는 것이 아니라 연삭 휠의 마멸에 대응하여 순응적으로 진행되도록 작용하는 것이라고 할 수 있다.

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 신뢰성있게 사용함으로써, 고품위의 내경 원통 연삭 가공을 수행할 수 있도록 할 수 있는 방식을 도입, 실험하여 그 적용 효과를 검증하고자 하였다.

2. 내경 연삭 휠의 간헐식 전해 드레싱

그림 1에는 주철 본드형 다이아몬드 연삭 휠에 대한 간헐식 전해 드레싱의 기본 원리를 나타내었다.

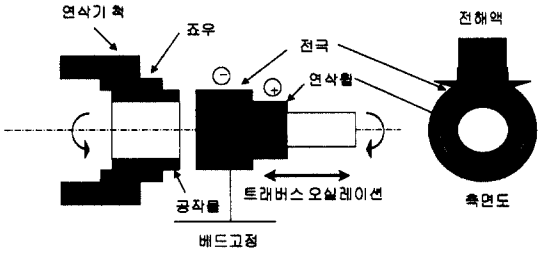


그림 1. 간헐식 드레싱의 기본 원리도

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

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

구리 전극은 전해액의 공급이 원할하게 이뤄지도록 상부가 열린 파이프 형상을 지니며, 이 때 전극의 너비는 연삭 휠의 너비와 동일한 치수가 되도록 한다.

3. 내경 연삭 가공 실험

3.1. 실험 장치 및 방법

본 실험의 시스템을 그림 2에 나타내었다.

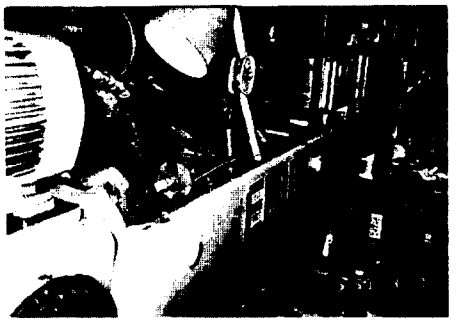


그림 2. 가공 실험 시스템 사진

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

연삭 휠은 직경 30mm, 너비 20mm를 지니는 일본 후지 다이스사의 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 40배로 희석하여 사용하였다.

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

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

표 1. 가공 조건

연삭 휠 주속도	600m/min
공작물 회전 속도	100-400rpm
트래버스 이송 속도	20-100mm/min
절삭 깊이량	1-10μm/pass
Pulse on/off time(τ_{on}/τ_{off})	1-4μs
전해액 공급량	0.8-1.2 ℓ/min
최종 스파크 아웃수	2회
절삭 깊이량 부가 방식	양단 절입 방식

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.

그림 3에는 입도 2000의 연삭 휠을 대상으로 초기 드레싱을 수행할 시 시간의 변화에 따른 전류치의 변화를 측정하여 나타내었다.

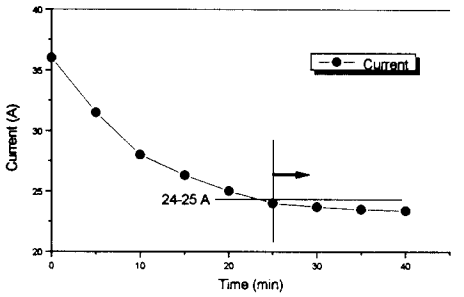


그림 3. 시간 경과에 따른 전류치의 변화

그림으로 부터 초기 36A의 전류치는 시간의 경과에 따라 점차 감소하다가 약 20-25분후 부터는 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 품위를 측정, 비교하여 그림 4에 나타내었다.

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

그림으로 부터 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.

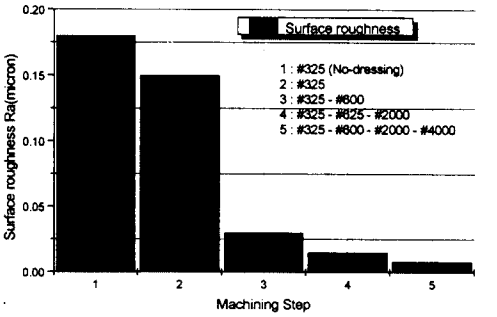


그림 4. 가공 조건과 가공면 거칠기와의 관계

또한, 그림으로 부터 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 그림 5에 나타내었다.

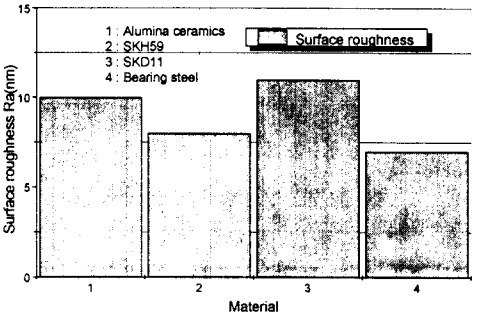
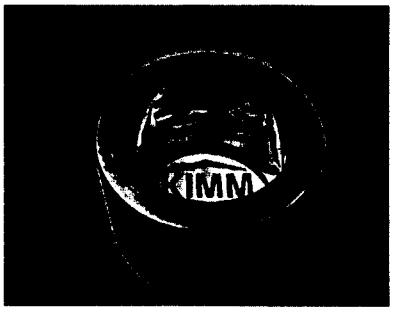


그림 5. 각 가공물의 가공면 거칠기 비교

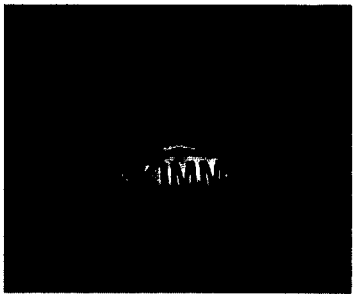
그림으로 부터 입도 4000의 연삭 휠에 의한 가공면 거칠기는 약 Ra 7-13 nm 정도로

고품위의 가공면 상태를 획득할 수 있음을 알 수 있으며, 경도가 높은 금속재일수록 다소 가공면 거칠기가 상대적으로 더욱 양호하다는 것도 확인할 수 있다.

그림 6에는 고품위의 경면 가공된 내경 연삭면의 상태를 비교하여 사진으로 나타내었다.



SKH51내경연삭, #4000



세라믹 Al2O3,#4000

그림 6. 내경 연삭의 경면 가공 예

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 나노미터급의 고품위 경면 가공 품위를 획득할 수 있어 후가공을 생략한 고정도의 가공으로 적용할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.