

마이크로 방전가공용 WEDG장치에서 포토 인터럽터를 이용한 장력제어 특성평가 Characteristic Evaluation of the Tension Control using Photo Interrupter in the WEDG Device for Micro EDM

*김종훈¹, 허재영¹, 김수용¹, #강명창², 임한석³

*J.H. Kim¹, J.Y. Heo, S.Y. Kim², #M.C Kang (kangmc@pusan.ac.kr)², H.S. Lim³

¹ 부산대학교 기계공학부, ² 부산대 국가핵심연구센터(NCRC), ³ 하이브리드 정밀

Key words : Micro EDM, WEDG, Wire Tension, Photo Interrupt, Tensile strength

1. 서론

미세전극 방전가공기에 사용되는 미세축을 가공하는 방법으로 와이어 방전가공(Wire electronic discharge grinding; WEDG)이 사용된다. 와이어 전극을 이송하면서 피가공물(미세축)과 전극인 와이어 사이에 방전을 발생시켜 그 방전 에너지에 의하여 피가공물(미세축)을 절단하는 기계 가공법이며 공작물이 설치된 테이블이 임의의 형상에 따라 구동하면서 가공하는 것이다.¹⁻³

와이어 방전가공에서 사용 되는 장력 제어에 방법에는 서보모터 속도제어, 파우더 브레이크, ER(Electro-Rheological)브레이크 등 여러 가지가 있다. 하지만 기존의 방법들은 로드셀이나 텐서롤과 같이 장력을 측정하는 센서가 필요함으로 기구부의 소형화가 어렵다는 단점이 있다.⁴⁻⁵

따라서, 본 연구에서는 마이크로 EDM을 위한 WEDG를 새로이 개발하기 위하여 광학방식인 포토 인터럽터를 채택하여 와이어의 장력을 일정하게 제어하도록 설계 및 제작하였다. 이를 통해 와이어의 최대 인장강도와 장력 제어된 와이어의 인장강도를 비교하여 장력 특성을 평가하고자 한다.

2. WEDG의 설계와 장력제어

2.1 마이크로 EDM용 WEDG의 설계

Fig. 1은 기존의 마이크로 EDM에 장착할 수 있도록 솔리드웍스(ver. 2005)를 이용하여 설계된 수조 일체형 WEDG의 3차원 형상 모델링이다. 와이어의 진직도 향상을 위해 와이어 가이드를 2개 부착하였으며 가이드는 와이어 직경 및 이송속도의 변화에 따라 설치개수를 선택적으로 사용 가능하도록 평행하게 배치하였다. 와이어의 구동을 위한 모터는 방전 충격으로부터 발생하는 강제 진동을 견딜 수 있도록 일정한 장력을 걸어주어야 하기 때문에 와이어 이송시 저속에서 일정한 토크가 유지되도록 하는 것이 매우 중요하다. 적정한 모터는 125:1의 기어 감소비를 사용하여 회전속도 1~3RPM의 저속에 1N·m의 토크 힘을 가지며 7.5deg 단위로 회전제어 가능한 스텝핑 모터(P542-M48 1U, RSK Co. LTD)로 선정하였다.

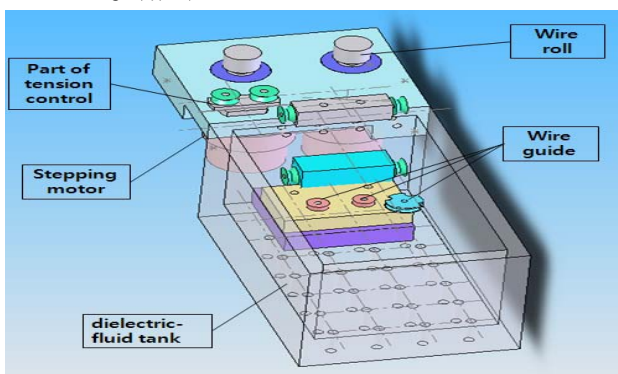


Fig. 1 Integrated design of WEDG device for micro EDM

실제 마이크로 EDM에 장착된 WEDG의 사진은 Fig. 2와 같다. 방전액을 저장하는 수조를 일체형 구조로 하여 그 안에서 WEDG에 의한 EDM용 전극가공과 실제 마이크로 EDM가공이 가능하도록 하였다.

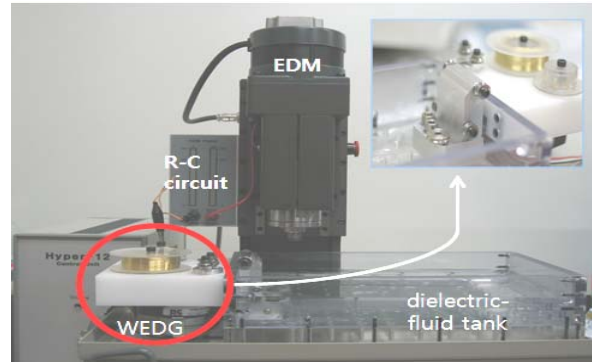


Fig. 2 Photo of WEDG device and micro EDM machine with integrated dielectric-fluid tank

2.2 포토 인터럽터를 이용한 와이어 장력제어

Fig. 3은 포토 인터럽터를 이용한 장력 제어 구조와 그 작동원리를 나타내고 있다. 별도의 장력장치 없이 와이어의 장력 변화에 따라 유동적으로 제어 할 수 있도록 설계하였으며, 그 각각의 구성으로 롤러, 롤러가 부착된 T자형 축, 축 끝단에 고정되어 있는 암(arm), 암을 일정한 범위 내에서 움직이게 할 스프링 그리고 포토 인터럽터(TLP825, TOSHIBA)이다. 장치를 작동시키면 와이어의 진직도를 높이기 위해 1번과 2번 스텝핑 모터 중 1번 모터만 와이어를 감기 시작한다. 와이어가 적정 장력 이상을 취하게 되면서 암이 포토 인터럽터에 접근하게 되고 장력 제어부의 롤러와 연결되어 있는 암(arm)이 포토 인터럽터의 수광부, 발광부 사이에 접근하여 1차 감지되면 와이어를 감던 1번 모터는 다시 와이어를 풀게 되고 정지되어 있던 2번 모터가 와이어를 감기 시작한다. 와이어의 진직도 향상을 위한 앞의 과정이후 장력 증가로 암이 센서에

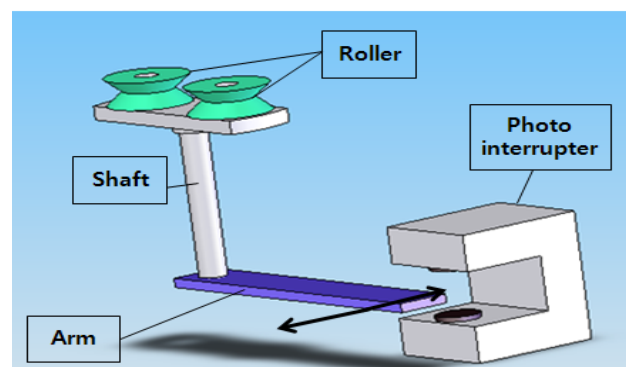


Fig. 3 Mechanism of tension control using photo interrupter

감지되면 제어기가 작동하여 모터의 속도를 줄이게 되고 장력은 약해진다. 암이 제자리로 돌아가면 제어기는 작동을 멈추게 되고 장력은 다시 증가하게 된다. 앞의 과정을 반복 하면서 장력은 항상 일정한 범위 내에서 유지된다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

실험장치는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이, 새로이 제작한 WEDG 장치를 마이크로 EDM에 부착하고, Fig. 4와 같이 로드셀을 이용하여 가이드와 가이드 사이에 설치하고 사용된 와이어 장력을 측정하였다.

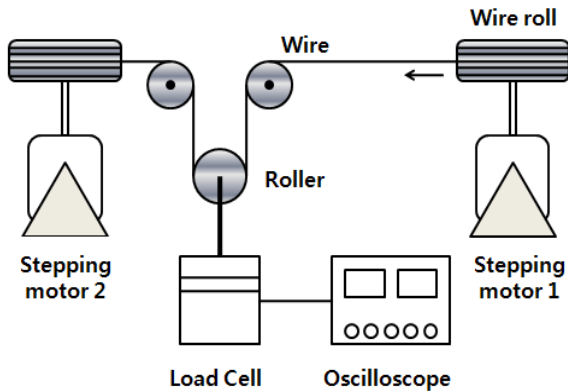


Fig. 4 Schematic diagram of experimental set-up for measuring wire tension

3.2 실험방법

본 실험에 사용된 와이어의 종류는 Table1과 같으며, 사용된 로드셀은 센스테크의 SCB1 시리즈 중 하중 20kgf를 사용하여 장력을 측정하였다. 와이어의 최대 인장강도와 제작된 장력제어기를 통해 장력이 제어된 와이어의 평균 인장강도와 비교하여 장력 제어기의 성능을 평가하고, 와이어의 주행속도를 다르게 하였을 때의 각각의 와이어 장력특성에 대해 알아보았다.

Table 1 Characteristic of a wire in WEDG device

Wire diameter (mm)	Load (kg)	Tension force	Tensile strength
		(N)	(N/mm ²)
0.20	1.41~1.66	13.92~16.34	443~520

4. 실험 결과 및 고찰

Fig. 5는 실험에 사용한 와이어의 최대 인장강도를 측정한 결과와 포토 인터럽터를 이용해 제작한 장력 제어기를 마이크로 방전가공기에 부착한 뒤 와이어의 주행속도를 달리 하였을 때 인장강도를 측정한 결과이며, table 는 그 값을 나타내고 있다. 인장강도가 일정 범위 내에서 진동함을 알 수 있다. Table 2는 실험을 통한 와이어의 최대 장력과 각 이송속도에서 최대, 최소, 평균, Peak to Peak을 나타 내었으며, 주행속도가 증가 될수록 진동폭이 줄어드는 경향성을 띄었다. 이는 와이어의 주행속도가 증가함에 따라 포토 인터럽터의 단위 시간당 입-출력 횟수가 증가하였기 때문으로 생각된다. 주행속도별 장력 변동 폭은 최대 인장강도를 기준으로 44.60~74.32 %의 범위 내에서 장력 조절이 되고 있다는 것을 알 수 있다. 1.00rpm의 주행속도에서 이전 주행속도보다 장력이 높게 측정된 것은 제작된 WEDG와 장력 조절 장치의 가이드와 롤러 등에 의한 마찰력 때문인 것 같다. 향후, 가이드와 롤러 홈 등을 보다 더 정밀하게 가공 하고, 고성능의 스텝핑 모터와

높은 감도의 포토 인터럽터를 채택하여 항상 효과에 대한 연구를 진행할 계획이다.

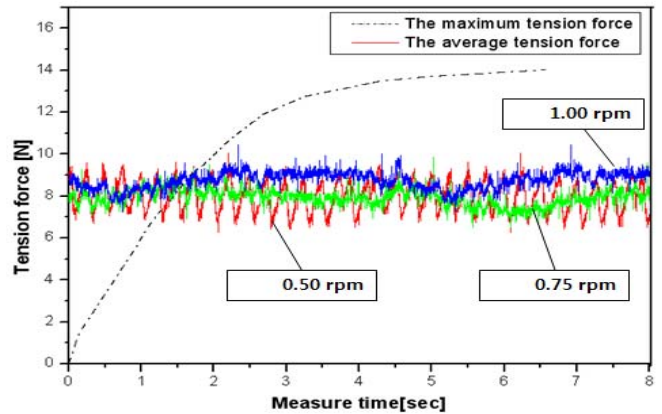


Fig. 5 Characteristics of max. tension force and avg. tension force using photo interrupt according to running speed of wire

Table 2 The value of max. tension force and avg. tension force using photo interrupt according to running speed of wire

Running speed (rpm)	Max.tension force (N)	Min.tension force (N)	Avg.tension force (N)	Peak to Peak
0.50	10.05	6.253	7.998	3.801
0.75	9.870	6.498	7.940	3.372
1.00	10.42	7.234	8.753	3.187

5. 결론

마이크로 방전가공용 WEDG 장치를 개발함에 있어서, 하나의 수조탱크를 사용하여 마이크로 방전가공과 WEDG를 수행하도록 하였고, 그에 따라 전체 마이크로 EDM 가공기의 크기를 줄였으며, 포토 인터럽터의 광학 원리를 이용하여 와이어의 장력 조절을 할 수 있도록 설계 및 제작하였다. 와이어의 주행속도가 0.5에서 1.0으로 증가함에 마찰력의 증대에 의해서 인장력이 높게 나타남을 알 수 있었고, 또한 진동폭도 현저히 감소하는 것을 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로, 실제 WEDG를 이용하여 마이크로 EDM용 미세 전극의 가공성 향상에 관해 연구할 예정이다.

참고문헌

1. Ho-Joong Chae, Seung-Yop Lee, "Vibration Characteristics and Tension Control of a Wire in WEDM," 한국정밀공학회지, 18, 86-92, 2001.
2. H. S. Tak, C. S. Ha, D.H. Kim, H.-J. Lee, H. J. Lee and M. C. Kang, 2009, "A comparative study on discharge conditions in micro-hole EDM of tungsten carbide (WC-Co) material", Transactions Of Nonferrous Metals Society Of China, 19, 114~118, 2009.
3. S. S.Mahapatra and Amar Patnaik, "Parametric Optimization of Wire Electrical Discharge Machining (WEDM) Process using Taguchi Method," J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.(ABCM), 28, 422-429, 2006.
4. Sung-Jun Park, Hyun-Min Ahn and Kyo-Seung Lee, "Fabrication of Micro Tool Electrode for Machining Micro Structures using Wire Electrical Discharge Grinding(WEDG)," 한국공작기계학회논문집, 14, 13-20, 2005.
5. Key- Sun Kim, Myung-Soo Cho, "Tension Control of a Wire Cut Discharge Machine Using ER Brake," 한국공작기계학회논문집, 13, 24-29, 2004.