한국공작기계학회 2000년도 춘계학술대회 논문집 pp.567~572

STD-11 Die-hole 와이어 컷 방전가공시 가공조건에 따른 북현상 고찰

조규재*, 전언찬**, 김선진***, 조상현***, 김훈희***

* 조선대학교 공과대학 · ** 동아대학교 공과대학 · *** 조선대학교 대학원

Hand drum forms of STD-11 Die-hole in Wire-cut Electronic Discharge Machining Conditions

Gyu-jae Cho, Eon-chan Jeon, Sun-jin Kim, Sang-hyun Cho, Hun-hee Kim

ABSTRACT

From the experimental study of W-EDM for alloyed steel, the characteristics such as Hand Drum Form and surface roughness have been observed and evaluated for various conditions. In square hole, the increase of IP as to made condition, the calculate high value of surface roughness. Also compare dimensionless square hole with circle hole' graph, In circle hole, if a value of surface roughness IP 6 in a side of circle it show a 0.4㎛ and in IP 8, 0.6㎛, in IP 10, 0.7㎛, in IP 12, 0.8㎛ higher than before.

This figure show the surface roughness is higher than before, because a table move in either X-axis or Y-axis in square hole, on the contrary, in circle there table move in X-axis and Y-axis at the same time. hand drum form getting small when wire tension increase 1000gf to 1500gf, at the same working conditions. the smaller of off time, the maller of hand drum form in same condition and same wire tension. but if you compare square hole with circle hole' graph, hand drum form displayed in maintained term of working condision, on the contrary, in case of square hole variation of hand drum form is more increase than a grow of IP

Key Word : W-EDM (Wire-cut Electric Discharge Machining), square hole, circle hole, surface roughness, hand drum form

1. 서론

산업사회가 복잡화되고 제품의 특성이 다양화 소형화 다기능화 되어감에 따라 이를 생산하는 금형의 성능도 점차 향상되어가고 있다 . 금형의 성능은 설계도 중요하지만 동일한 가공이 이루어져야 그 목적을 달성할 수 있다. 기계적 성질이 우수한 난삭성 신소재를 가공하기 위한 방안으로는 방전가공(EDM), 전자빔가공(EBM), 이온빔가공(IBM), 레이저가공(LASER)이 이용되고 있다[1]. 이중 방전가공 방법은 금형산업의 발달과 더불어 난삭성 재료에 대한 가공능률, 고정밀가공, 가공형상의 복잡화 및 미소화의 요구에 따라 기존의 역학적 에너지를 이용한 기계적 가공법을 대처할 수 있는 새로운 가공법으로 널리 사용되고 있다.

이 가공법은 1970년대를 시작으로 과거의 형조방전 가공기가 모양을 바꾼 것으로 금속 가공의 새로운 흐름을 주도할 기술로 개발되었다. 일반적으로 방전가공은 형조방전과 와이어 방전으로 분류하는데, 와이어 방전가공은 난삭성 재료에 대한 가공성이 우수하고 공구로 사용하는 와이어의 크기가 매우 작으므로 미세한 형상도 정밀하게 가공

할 수 있어 자동차, 우주항공산업의 부품 가공 및 형조방전기용 전극가공에 폭넓게 사용되고 있다[1].

와이어 방전가공에서의 와이어전극은 1회 사용의 형태를 취하고 있으므로 형조방전과 달리 전극 소모의 문제에 주목 할 필요는 없지만 와이어 전극이 항상 일정한 장력, 일정한 속도에서 진동이나 단선되지 않고 주행할 필요성이 있다.

와이어 방전가공에 대한 국내외 연구동향을 살펴보면 와이어 방전가공시 가공조건에 따른 방전캡 크기에 관하여[2], 와이어 방전가공기의 장력제어에 대한 연구를[3], W. Dekeyser는 전기방전으로 발생한 열이 유입된 와이어의 온도변화 계산모델에 대해서[4], 그리고 소재와 가공조건의 변화에 따른 표면거칠기의 특성변화 등에 대한 연구가 진행되어 왔으나 아직 미흡한 상태이다[6].

본 연구에서는 피어싱 펀치 홀, 맞춤핀 홀 등의 Die가공 연구는 직선가공방법에 의한 연구가 대부분이었으나, Die의 곡선부 가공을 고려하여 원가공 방법시와 비교하고자 금형재료로서 가장 많이 사용되고 있는 합금공구강 (STD-11)을 대상으로 방전가공성에 영향을 미치는 방전시간, 방전휴지시간, 와이어장력을 변화시켜 방전가공하여 고정밀도, 고품질의 가공을 할 수 있는 적절한 가공조건을 찾고자함을 목적으로 하였다.

2. 이론적 배경

일반적으로 가공률을 높이게 되면 가공면 거칠기가 나빠지게 되며, 가공면 거칠기를 양호하게 하기 위해서는 가공속도를 늦추어야 한다. 따라서 가공면을 형성하는 방전혼은 가능한 적게 하고 방전혼의 집적을 많이 하여 가공률을 향상시키는 것이 바람직하다

가공 전원에서 공급된 전기에너지는 전극과 가공물간의 좁은 간격에서 소모된 양극에 방전혼(crater)을 생성시킨다. 방전혼의 형상, 즉 방전혼 중복 깊이의 평균값이 표면 거칠기로 표시된다. 방전혼의 형상에 미치는 인자로서는 가공물 재료, 전극 재료의 물리적, 기계적 성질, 가공액의 물리적 성질과 가공액 분출압력 및 방전에너지의 크기 등이 있다.

표면거칠기는 펄스폭과 방전전류 파고치, 즉 방전에너지가 커지면 증가하는 경향을 나타낸다.

Ra(중심선 평균거칠기) 값은 실험식으로서 식 (1-1)과 같이 구한다. [7]

$$Ra = K_r \cdot \tau_{on}^{0.3} \cdot I_p^{0.4} \qquad (1\text{-}1)$$

$$K_r = 2.3(\text{상수})$$

방전가공면 방전혼의 지름을 공구현미경으로 관찰하고 그 평균지름(D)을 측정하여 방전에너지와의 관계를 구하면 실험식은 식 (1-2)로 나타낸다.

$$D = K_D \cdot \tau_{on}^{0.4} \cdot I_p^{0.5} \qquad (1\text{-}2)$$

$$K_D = 7\ (\text{상수})$$

계속 방전을 했을 경우, 방전혼의 깊이는 평균깊이 H 와 평균지름 D와의 비를 식 (1-1)과 (1-2)로 구하면 식 (1-3)으로 표현 할 수 있다.

$$Ra / D - H / D = 0.26 \cdot \tau_{on}^{0.4} \cdot I_p^{0.5} \qquad (1\text{-}3)$$

북현상(Hand drum form)은 와이어 방전가공 특유의 현상으로 가공된 펀치(punch)제품의 중앙부 치수가 작게 되는 것으로 다음과 같은 세 가지 원인으로 발생한다.

1) 상하가이드를 지점으로 한 와이어가 가공 중 방전에 의한 반발력 때문에 진동함으로 공작물의 중심부 진폭이 최대로 된다.

2) 가공과 같이 발생되는 금속이온 등이 액의 입구에서는 적고 중앙부에서는 많아지므로 중앙부는 비저항치가 낮은 상태가 되어, 방전캡이 중앙에서 넓어진다.

3) 중앙부분에서 가공칩에 의한 2차 가공 발생한다.

이와 같은 원인으로 발생되는 북현상은 Fig.1에 나타낸 Die에서 X의 값을 측정함에 있어서 공작물을 두께에 따라 상, 중, 하(A, B, C)로 나누고 마이크로미터를 이용해서 측정을 후 식 (1-4)에 의해 구해진 값을 북량 (The Variation of Hand drum form) 이라 한다[8].

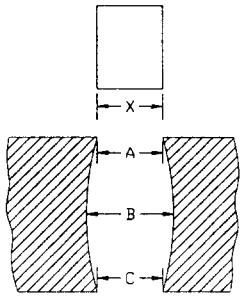

Fig.1 Schematic diagram of square column

북량 = (B - A) / 2 (1-4)

3. 실험방법 및 재료

본 실험에 사용한 시험편은 두께 30㎜의 합금공구강(STD-11)이며 재료의 화학적 성분과 기계적 성분은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Chemical composition and mechanical properties of alloy Tool steel (STD-11)

Chemical composition (%)					
C	Si	Mn	P	S	Ni
1.49	0.22	0.28	0.24	0.017	0.14
Cr	Mo	V	Mechanical pro		
11.49	0.88	0.26	Hardness (H_B) : 230		

또한 실험에 사용된 와이어 전극은 ø 0.25㎜의 황동소재로 이와 관한 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Chemical composition and mechanical properties of Wire electrode

Chemical composition (%)				
Cu	Zn	Pn	Sn	Fe
63.04	38.86	0.03	0.02	0.03
mechanical properties				
Tension strength (kg_f/mm^2)				100
Elongation (%)				2

실험을 위한 방전가공 조건은 피크전류치(이하 IP라 한다)를 6, 8, 10, 12로 선택하였고, 방전휴지시간(이하 off time이라 한다.)은 6, 8, 10, 12로 설정하였으며 와이어의 장력 (WT)은 1000g_f, 1500g_f으로 가공하여 실험을 하였다.

Fig.2와 같이 와이어 컷 방전가공기 (원일정기, J-5035)를 이용하여 실온 (18±1℃)에서 실험을 수행하였고, Fig.3와 같이 시험편은 두께 30㎜의 합금공구강(STD-11)을 ø12㎜의 원가공과 12×12㎜의 정방형으로 가공하였다. 실험가공 조건에 따른 가공면 거칠기의 평균거칠기(Ra)를 촉침식 표면거칠기 측정기(KOSAKA, DSF-1000)를 이용하여 측정하였다. 또한 시험편의 형상정밀도 측정은 3차원측정기(Carl Zeiss Cermany, PRISMO7. HTG-VAST)를 사용하여 측정하였다.

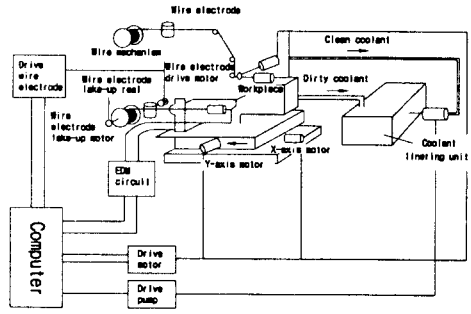

Fig.2 Schematic diagram of wire-cut Electronic Discharge machine

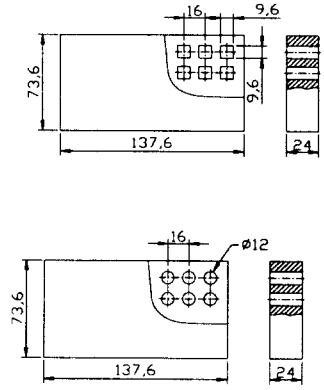

Fig. 3 Shape and dimension of specimen

4. 실험결과 및 고찰

4.1 직선과 원가공시 표면거칠기에 대한 고찰

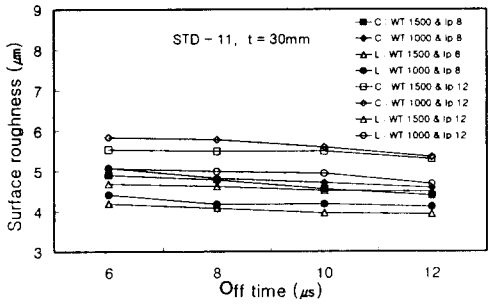

Fig.4 The measured Surface Roughness with tension between the square hole and the circle hole

Fig.4는 IP 8, IP 12일 경우 장력 1000g_f과 1500g_f일 때 직선가공과 원가공시 off time에 따른 거칠기값을 나타낸 것이다. 표면거칠기 값은 방전 휴지 시간의 증가에 따라 원가공과 직선가공시 감소를 나타냈다.

장력 1000g_f와 1500g_f에서 원가공과 직선 가공을 비교해보면 IP 8일 경우 원가공 할 때가 직선가공보다 표면거칠기가 평균 0.6㎛ 더 높게 나타났고, IP 12에서는 평균 0.8㎛ 더 높음을 보였다. 원가공시 off time에 따른 거칠기값이 직선가공의 때보다 거칠게 나타남을 알 수 있었다.

이것은 직선가공에서는 테이블이 X축 또는 Y축의 한축 운동만 하는데 반해 원가공에서는 X축과 Y축이 동시에 움직이기는 2축 운동을 하기 때문에 표면거칠기가 더 높게 나타남을 알 수 있다.

Fig.5는 off time 8, off time 12일 경우 장력 1000g_f과 1500g_f일 때 직선가공과 원가공시 IP에 따른 거칠기 값을 나타낸 것이다. 표면거칠기 값은 IP의 증가에 따라 원가공과 직선가공시 감소가 되었다.

장력 1000g_f와 1500g_f에서 원가공과 직선 가공을 비교해보면 off time 8일 경우 원가공할 때가 직선가공보다 표면거칠기가 0.7㎛ 더 높게 나타났다. off time 12에는 0.6㎛ 더 높게 나타남을 알 수 있었다.

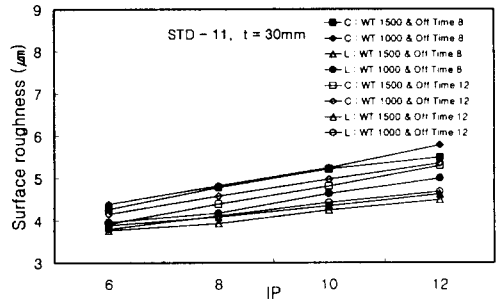

Fig.5 The measured Surface Roughness with IP between the square hole and the circle hole

off time 6에서 off time 8으로 증가 할 경우 장력에 관계없이 비교적 안정적인 모습을 보이나 off time이 10이상이 되면 장력증가에 따라 표면거칠기 값의 폭이 넓어짐을 볼 수 있었다. 장력이 1000g_f일 경우에는 off time이 10일 경우에 안정화 경향을 보이고, 장력 1500g_f의 경우에는 off time 8에서 안정화 경향을 보임을 알 수 있다. 이는 off time 8, off time 10일 때 방전에너지가 균일한 가공조건으로 방전된 것으로 사료된다.

장력에 따른 거칠기 값은 유사한 경향의 직선을 그리고 있음을 알 수 있다.

와이어 방전가공의 가공면 거칠기에 영향을 미치는 요인으로 가공시 IP의 대소를 들 수 있다. 즉 가공속도를 빠르게 하려고 전류 피크 값을 크게 하면 가공면 거칠기가 나빠진다.

4.2 와이어 장력에 대한 진직정밀도 고찰

방전가공에 있어서 북현상은 일반적으로 와이어의 진동에 의해서, 가공액 비저항치가 가공물 중앙부분에서 저하되거나, 중앙부분에서 가공칩에 의한 2차 가공이 발생하여 그 결과 북모양의 현상이 발생하는 것으로 생각한다.

진직정밀도는 X-Y방향의 치수가 공작물의 두께에 따라 어떻게 변하는 지를 표시한 것으로 와이어 방전가공 고유의 정밀도 측정항목이다 [8].

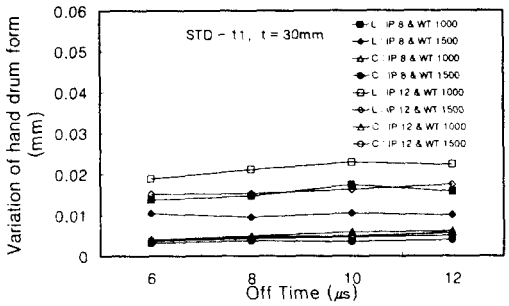

Fig.6 The measured Hand drum form with off time between the square hole and the circle hole

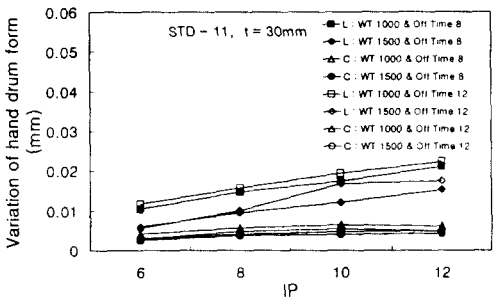

Fig. 7 The measured Hand drum form with IP between the square hole and the circle hole

Fig.6은 IP 8, IP 12일 경우 장력 1000g_f과 1500g_f일 때 직선가공과 원가공시 off time에 따른 북량(The Variation of Hand drum form)을 나타낸 것이다.

북량은 원가공과 직선가공시 off time이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였다.

장력 1000g_f와 1500g_f에서 원가공과 직선 가공을 비교해보면 IP 8일 경우 직선가공 할 때가 원가공보다 북량이 평균 0.007㎜ 더 높게 나타났고, IP 12에서는 평균 0.012㎜ 더 높게 나타났다.

원가공에서는 북현상이 훨씬 적었으며 경향이 큰 변화가 없었다. 그러나 직선가공에서는 북현상이 다소 컸으며 같은 IP에서는 장력이 큰 쪽이 북현상이 적게 나타났다. 또한 off time이 증가할수록 가공홈 폭이 커졌고, 가공물의 중앙부에서 가공홈 폭이 가장 크게 측정되었다. 이상의 실험결과로 볼 때 북량을 조금이라도 작게 하려면 장력을 높게 잡아 진동을 작게 하는 것이 효과적이라는 것을 알 수 있다.

Fig.7은 off time 8, off time 12일 경우 장력 1000g_f과 1500g_f일 때 직선가공과 원가공시 IP에 따른 북량을 나타낸 것이다. 북량은 IP의 증가에 따라 원가공과 직선가공시 감소가 되었다.

장력 1000g_f와 1500g_f에서 원가공과 직선 가공을 비교해보면 off time 8일 경우 직선가공 할 때가 원가공보다 북량이 0.008㎜ 더 높게 나타났다. off time 12에는 0.01㎜ 더 높게 나타남을 알 수 있었다.

off time이 증가할수록 북량이 증가하는 것을 알 수 있지만, 특이 할 점은 off time 8일 경우의 북량의 변화인데 off time 6일 때보다 더 적은 변화 값을 보여준다. 그 이유는 off time 8일 경우 방전에너지가 일정형상을 유지하며 고른 가공을 하기 때문으로 생각된다.

IP가 일정할 때 off time에 따른 직선가공과 원가공의 북현상은 off time이 작을수록, 즉 방전에너지가 커짐에 따라 북현상이 작게 발생하는 것을 볼 수 있다. IP변화에 따른 직선가공과 원가공을 비교하면 직선가공과 원가공 모두 IP값이 증가할수록 북현상이 증가하였으며, 장력에 따른 북현상은 장력이 증가할수록 동일 가공조건에서는 감소하는 경향으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 와이어 컷 방전가공에서 합금공구강(STD-11)을 대상으로 여러 가공조건들이 표면거칠기와 북현상에 미치는 영향에 대하여 고찰한 결과로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 직선가공에서는 조건에 따라 IP값이 증가할수록 표면거칠기 값은 높게 나왔으며, 직선가공과 원가공의 그래프의 형태를 비교하면 원가공쪽에서 표면거칠기 값이 높게 나왔다. 이것은 직선가공에서는 테이블이 X축 또는 Y축의 한축 운동만 하는데 반해 원가공에서는 X축과 Y축이 동시에 움직이기 때문에 표면거칠기가 더 높게 나온 것임을 알 수 있다.

2. 동일 IP조건에서 직선가공과 원가공 할 때 off time이 길어짐에 따라 표면거칠기 값은 낮게 나타났고, 장력이 클수록 표면거칠기 값은 낮게 나왔으나 IP값이 증가함에 따라 표면거칠기 값은 큰 차이를 보였다.

3. 진직정밀도는 동일가공조건에서 장력이 1000g_f보다 1500g_f으로 증가하였을 때 동일가공조건과 동일장력에서는 방전휴지시간이 작을수록 북현상이 작아지는 것을 알 수 있었고, 직선가공과 원가공을 비교해보면 원가공의 경우 북현상이 일정한 범위에서 나타나는 반면 직선가공의 경우 IP값이 증가할수록 북현상의 크기가 더 커짐을 알 수 있었다.

참고문헌

1. J.Prohaszka, A,G,Mamalis, N.M.Vaxevanidis, "The effect of electrode material on machinability in wire electro-discharge machining", journal of Materials Processing Technology 69, pp233~237 ,1997

2. 강상훈, 박원조, 배성환, "CAD/CAM와이어 방전가공의 가공확대여유에 관한 연구", 대한기계학회, 제17권 2호, pp380~384, 1993

3. Z.N.Guo, T.C.Lee, T.M.Yue, W.S.Lau, "Study on the machining of WEDM with ultrasonic vibration of the wire", journal of Materials Processing Technology 69, pp212~221 ,1997

4. W. Dekeyser, R. Snoeys, M. Jennes, " A Thermal Model to Investigate the Wire Rupture Phenomenon for Improving Performance in EDM Wire Cutting ", journal of manufacturing systems, volume 4/No2, pp179~187, 1983

5. Y.S.Liao, J.T.Huang, H.C.Su, " A Study on the machining-parameters optimization of wire electrical discharge machining", journal of Materials Processing Technology 71, pp487~493 ,1997

6. Y.S.Liao, J.C.Woo, " The effect of machining setting on the behavior of pulse trains in the WEDM process", journal of Materials Processing Technology 71, pp433~439 ,1997

7. 성준경, " 황동과 금형강에서의 와이어 컷 방전가공의 특성에 관한 연구", 부산대학교 석사학위논문 , 1997

8. D.F Dauw, B.M. Schumacher, " milestones of worldwide EDM Research Artivities", Proc, ISEM-9, 250, 1989