

## 와이어 컷 방전가공 기술의 현황 및 경향

주 호 윤 · 최 계 광  
(천안공업전문대학 금형과) (천안와이어커팅센터)

### 1. 서 론

와이어 컷 방전 가공기는 전극으로서 가는 황동선(대개 0.5 mm 이하)을 이동시키면서 공작물과의 사이로 스파크 방전을 시킴과 동시에 공작물을 프로그래밍 되어있는 형상에 따라 구동하면서 가공하는 장치이다.

와이어 컷 방전가공기의 가공법은 1955년 소련에서 처음 발표되었고 1968년에는 스위스에서 발표되었는데 그 수요가 급격히 증대된 것은 극히 근래의 일로 1970년대 후반에 본격적인 발전기를 맞은 새로운 가공법이다.

초기의 와이어 컷 방전가공기는 광학적으로 도면을 확대하고 그 확대된 도면을 XY테이블에서 수동으로 조종해서 모방하도록 한 것이다. 당시부터 가공속도는 느리지만 미세한 기계가공이 곤란한, 형상의 가공 등에 유용한 것으로 알려져 있었다. 그때의 대표적인 실용례는 화학섬유 노즐구멍의 이형구멍 가공이었다.

이것을 NC화하는 동시에 탈이온수(중류수와 같은 상태)중에서 가공을 하는 방식으로 한 것을 스위스의 방전가공기 메이커가 1969년 파리공작기계전에 출품하여 가공속도의 향상과 무인운전상태에서의 안전성이 명확하게 되면서부터 경제성과 실용성이 주목받게 되었다.

미니컴퓨터를 사용한 자동프로그래밍장치가 붙은 와이어 컷 방전가공기를 일본의 메이커에서 개발하여 염가로 입수할 수 있게 되면서부터 급속히 그 보급이 진전하였다. 와이어 컷 방전가공의 가공형상은 2차원 윤곽가공이므로 자동 프로그래밍 장치(Automatic Programmed Tools : APT)로서는 사용하기 쉬운 APT언어를 가진 간이형 APT를 널리

사용하고 있다. 이 간이형 APT의 출현이 와이어 컷 방전가공기 발전의 중요한 요인이 되었다. 와이어 컷 방전가공의 원리를 Fig. 1에 나타내었다.

와이어 컷 방전가공은 와이어 전극이라는 기계적 강도가 약한 재료로 공작물을 가공하는데 물을 가공 액으로 이용한 것이다.

종래의 단일한 특수 가공법과는 달리 몇 개의 현상이 합쳐진 복합작용이 가공의 주체이다. 와이어 컷 방전가공은 거의 무인화된 가공 장치로 극히 장시간에 걸쳐 완전히 자동 운전을 가능하게 한 NC 가공 장치를 대표할 만한 가공법이다. 이 의미에서 와이어 컷 방전 가공은 가장 새롭고 가장 근대적인 가공법으로 장래의 NC 가공법의 발전 방향을 시사한 것이라고 말할 수 있다.

### 2. 본 론

와이어 컷 방전 가공기의 국가별 제조 회사는 스위스의 아지(AGIE), 샬밀(CHAMILE)사이고, 일본의 미쓰비시(MITSUBISHI), 히다치(HITACHI), 마끼노(MAKINO), 소딕(SODIDK), 자팍스(JAPAX), 세이부(SEIBU), 와시노(WASINO), 화낙(FANUC), 브라더(BROTHER) 등이 있고 국내의 제조 회사로는 원일정기, 유일기전, 동양방전, 인터테크노 서울정기, 건영정기 등의 제조업체가 있다.

컨트롤러의 개발사항을 추이하여 보면 초기에는 단순 디지털 이론과 DC모터를 사용하는 콘텐서 방전을 하였으나, 현재는 32bit CPU를 Main CPU로 하여 4 - 5개의 Multi CPU를 사용하였고, 방전 또한 대출력 TR FET를 채용하였으며 모터는 DC서보 및 AC서보 모터를 사용하고 있다. 국내의 실정

을 살펴보면 약 20년전부터 스위스 및 일본에서 전량 수입하여 사용 중에 있으며 5년전부터 일본과 기술을 제휴하여 일부를 생산하고 있는 단계이다.

현재 국내에는 1900~2000대 정도가 사용중인 것으로 추정되며 국내 다수의 회사에서 와이어 컷 방전가공기의 개발에 성공하여 경인지역에서는 국산 와이어 컷 방전가공기가 많이 사용되고 있다.

이와 같은 와이어컷 방전가공의 특징을 정리하여 표시하면 다음과 같다

(1) 형상조각, 방전가공과 같은 특정형상의 전극 제작이 불필요하다.

(2) 가공대상은 주로 2차원형상이지만 와이어지름에 따라 안쪽 코너부의 최소R(와이어반지름-방전

클리어런스)이라는 제약을 제외하고서는 어떤 복잡한 형상도 가공이 가능하다.

(3) 피가공품의 정도에는 거의 관계없이 가공할 수 있다.

(4) 가공 액으로 물을 사용하기 때문에 화재의 염려가 없고, 주야연속 무인운전이 가능하다.

(5) 와이어 지름 보정(offset)기능으로서 프레스 금형의 펀치와 다이의 클리어런스를 자유로이 조절할 수 있다.

(6) 공구전극인 와이어를 항상 이동시키면서 가공하기 때문에 전극소모를 무시할 수 있고 가공 방향에 대한 정밀도가 높다.

(7) 윤곽가공을 위한 가공여유가 적고 고가인 재료가 효율 좋게 사용된다.

위와 같은 특징에서 이 가공법의 용도는 주로 2차원형상의 프레스 금형, 압출 금형 등이 압도적으로 많고, 그것에 형상 조각 방전가공용 전극제작이나 시험제작 부품의 직접가공 등에 적용이 넓어지고 있다. 요즘은 테이퍼 컷 기능을 이용하여 3차원형상을 가공하므로써 플라스틱 몰드형의 응용도 갑자기 증가하고 있다. 와이어 컷 방전가공의 적용분야를 용도별로 분류하면 표 1과 같이 된다.

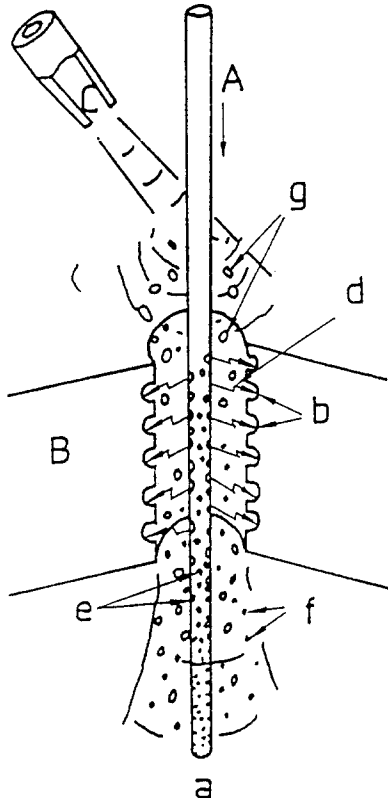
와이어 컷 방전 가공기를 구성 요소별로 보면, 기구부, 가공전원, CNC장치(제어부) 세가지로 크게 나뉜다. 종전까지 CNC장치(제어부)에 대해서는 주로,

- ▶가공 정밀도를 확보하기 위한 서보 계의 정밀도
- ▶장시간 무인 운전을 할 수 있게 하기 위한 신뢰성 확보
- ▶기능 조작을 효율적으로 하기 위한 기능

등에 대해 경우에 따라서는 기구부나 가공 전원을 포함해서 개발과 개량이 실시되어 왔다. 그러나 이들의 대부분은, 기본적으로 테이블(기계)을 프로그램대로 정확히 이동시키기 위한 제어 기술이거나 또는 그것들에 부수 하는 바의 기술로, 고장나지 않는 것이 중요한 요소로 되어 왔다. 그러나 근래 수년간 이루어낸 눈부신 와이어 컷 방전 가공기의 진전을 보면, CNC기술로서는 다음과 같은 3가지로 요약된다.

(1) 위치결정 정밀도(가공 정밀도)의 개선

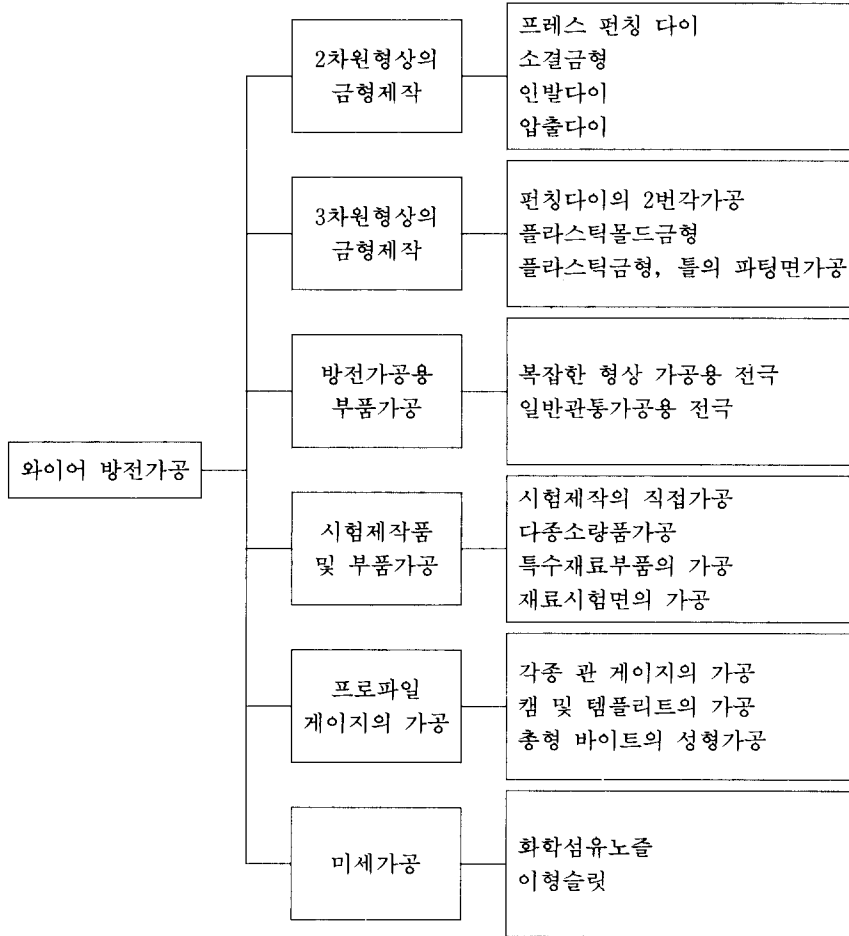
금형에 대한 엄밀한 정밀도의 요구는, 기계구조에 다양한 변화를 초래하였다. 그 중에서도 가장 현저한 예가 침지 가공이다. 침지 가공으로 인한 가공조의 중량은 직접 서보 계의 부하중대로 이어



A) wire electrode (before machining)  
 B) workpiece  
 a) wire electrode (after machining)  
 b) crater (workpiece)      c) water  
 d) electric discharge      e) crater (wire electrode)  
 f) chip                              g) gas

Fig. 1 와이어 컷방전가공의 원리

Table 1 와이어 컷 방전가공의 응용분야



저 서보 모터나 그 제어 기술이 크게 향상되기에 이르렀다.

(2) 가공전원의 제어

요 수년 방전 발생과 분산의 짜임새라는 극간 현상을 정량적으로 해명하는 시도가 각처에서 활발히 실시되기에 이르자, 그러한 움직임에 수반하여 CNC의 제어 기술도 제어 대상에 가공 전원을 전면적으로 포함해서 생각하지 않을 수 없는 상황으로 되어 가고 있다.

(3) 비숙련화 대책과 생력화

더욱이 조작성을 지원하는 기능면에 대해서도 지금까지와는 전혀 다른 양상을 시사하고 있다. 그것은 와이어 컷 방전 가공기가 지금까지 전용기에 가깝게 생각되었던 것이 보다 범용성을 띠어 가고 있

는 점에 있다. 이같은 동향에 따라 미래에는 퍼지 기능의 탑재 등 인텔리전트화나 FA화에 대한 대응이 보다 임박해진 것으로 생각 할 수 있다.

와이어 컷 방전가공의 플라스틱 볼드형의 응용의 한 예로 Fig.2와 같이 나타내었다.

금형 업계에 와이어 컷 방전가공기의 출현으로 말미암아 제작기간의 단축, 제작비의 원가절감의 실현과 금형설계기간의 대폭적인 단축, 부품점수의 감소에 의한 조립의 단순화 등 제품의 생산기술 향상에 획기적인 변혁이 일고 있다. 또한 금형의 설계제작만이 아니고, 시작품, 부품가공, 방전가공전극 제작의 분야에도 널리 이용되어 시작기간의 단축, 부품구조의 일체화로 복잡한 제품의 무인화 가공에 혁신을 주고 있다.

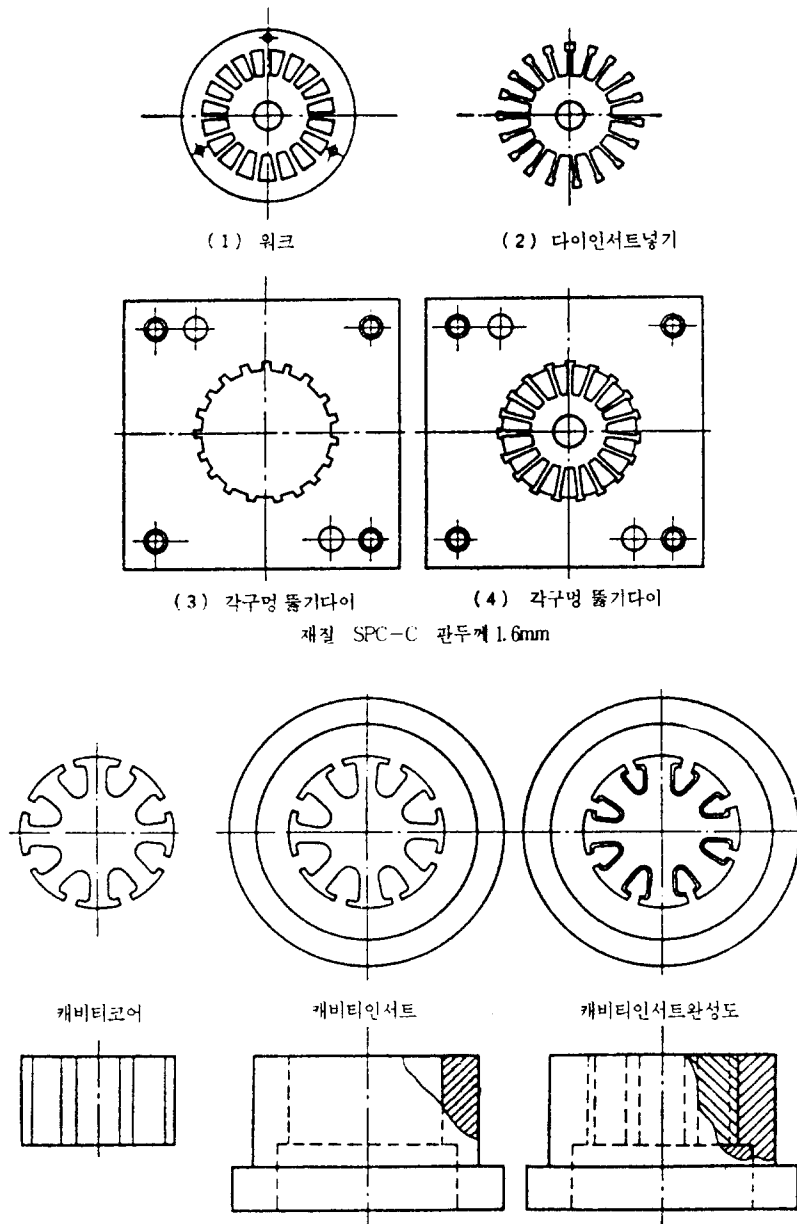


Fig. 2 인서트넣기 방식에 의한 가는 홈 캐비티의 제작법

### 3. 결 론

앞으로의 와이어 컷 방전가공의 경향은 다음의 3가지로 나눌 수 있다.

(1) 고정밀도화

와이어 컷 방전가공은 종래에 0.01~0.02mm 를

가공정밀도의 한계로 보아 왔으나, 경합금의 개발로 뺏어내는 암의 특성이 좋아지고, 컬럼(column)과 와이어 주행계 사이를 열 절연하는 것으로써 열변위에 대응하며, 또한 다중 가공에 의한 다듬질 가공 등에 의하여 2 $\mu$ m이하의 고정밀도 가공까지도 할 수 있게 되었다.

한편, 정밀도를 높이기 위해서는 면저철기를 올

리지 않으면 안된다. 즉  $10\mu\text{m}$ 의 면저철기에  $2\mu\text{m}$ 의 가공 정밀도를 운운하는 것은 아무런 의미가 없다. 따라서 이에 대한 개선책으로 전원의 개량도도모되고 있는데, 종래와 비교하여 에너지적으로 매우 미세한 펄스를 낼 수 있는 것이 개발되고 있다. 종래에는 초경합금을 가공할 때에도 전해 현상이 일어나 바인더의 코발트를 녹여 WC(탄화텅스텐)이 뚝뚝 떨어지는 일이 있었으나, 이것도 전원의 개량으로 전해의 발생을 방지하게 되었다.

#### (2) 고속화

고속화는 부품가공에 있어서는 러닝 코스트를 낮추는 데 기여도가 크다. 현재까지는  $300\text{mm}^2/\text{min}$  정도가 최고 가공속도인 것으로 알려지고 있는데, 실용 가공속도는  $100\sim 150\text{mm}^2/\text{min}$  정도가 적당할 것이다.

일반적으로 와이어 컷 방전 가공의 특성상 두께가 얇을 때는 면적이 좁으므로 효율이 나빠진다. 즉 단위 면적당의 전류밀도 적정치가  $10\sim 15\text{A}/\text{cm}^2$  이므로 면적이 좁으면 전류를 많이 보낼 수 없게 되므로 당연히 가공 효율도 저하된다. 따라서 어느 정도는 면적이 있어야 효율도 좋아진다. 물론 면적이 지나치게 넓으면, 즉 와이어 방전 가공에서는 가공 두께가 지나치게 두꺼우면 방전 찌꺼기의 처리가 곤란할 뿐 아니라 가공 액의 순환이 나빠지므로 역시 효율이 저하된다. 적정치는 판 두께  $10\sim 70\text{mm}$  정도의 것으로 그 중에서도  $50\text{mm}$  정도가 최적 가공 두께일 것이다. 공작물을 중첩해서 가공할 때에도 약  $50\text{mm}$  정도로 하는 것이 보다 더 효율적이다. 지금까지는 최대 가공 두께로서 판 두께  $400\text{mm}$ 까지가 가공이 가능하다.

특히, 부품 가공과 같은 경우에는 효율적이면서도 최적 가공 조건을 얻을 수 있는 상태로, 또 되도록 장시간 연속가공을 할 수 있도록 하여 작업 변환 준비 시간을 단축하는 방법을 연구 고안하는 것이 중요하다.

#### (3) 자동화

종래, 와이어 컷 방전가공은 NC화됨으로써 다른 기계와 비교할 때 자동화가 진전된 기계이긴 하지만, 금형 가공 등에서 볼 수 있듯이 아직은 인간이 직접 작업을 해야 할때가 많다. 구멍을 뚫고 와이어를 통하는 것은 인간이 하지 않으면 안되고, 또한 끊어 떨어뜨릴 때 나오는 코어도 인간이 제거하지 않으면 안된다.

이들 작업은 자동화의 핵심으로서 그 대응책으로 자동 결선의 기능을 자동화하기에 이르렀다. 물론 스타트 구멍은 인간이 뚫어야 하지만 와이어를 통하는 것은 자동으로 할 수 있다. 와이어를 모두 끊었을 때에 코어가 떨어져 가이드를 훼손하지 않도록 바로 직전에서 가공을 멈추고, 거기에서 와이어를 끊어 다음 가공 구멍에 자동으로 통하여 같은 가공을 하는 방법이 취해지고 있다.

최근에 스타트 구멍의 가공마저 파이프 전극을 사용하여 기계가 자동으로 행하고 그 파이프속에 와이어를 통하여 자동결선하는것도 개발되었다.

다만 파이프 속으로 와이어를 통하므로 와이어 지름은  $\phi 0.2\text{mm}$  또는  $\phi 0.25\text{mm}$ 로 한정되고 있다. 장래의 와이어 방전가공기의 테마이기도 하지만 기계는 사용의 용이성이 따라야 한다.

와이어 컷 방전 가공기에 있어서는 가공 조건의 자동 설정이라든가 자동온도 보상장치 부착, 그 위에 자동 전극연결장치부착 와이어 컷 방전 가공기, 삼차원 가공와이어 컷 방전 가공기, 자동 검사식 가공기 등 앞으로의 와이어 컷 가공장치는 보다 컴퓨터 화되어 장시간 무인 가공 화를 향하여 개발이 진전하리라 생각된다.

## 참고 문헌

- (1) 김창호, 1992, 방전가공, 기전 연구사, 서울, pp.235~300.
- (2) 배성한, 1993, 와이어 컷 방전가공의 특성에 미치는 가공조건의 영향, 창원대학교 석사학위논문, 창원
- (3) 도서출판 기다리 편집부, 1990, 와이어 컷 방전 가공, 기다리, 서울, pp.23~103.
- (4) 정상걸, 1990, Wire cut 방전가공, 백제교역상사, 서울, pp.1~80.
- (5) 형기술 편집부, 1993.7~1995.2, 와이어 컷 방전가공, 월간 형기술, 서울.
- (6) 프레스월드 편집부, 1992. 2, "와이어컷 방전 가공 실무," 프레스월드, pp.130~140.
- (7) 금형기술 편집부, 1991. 1, "와이어컷 방전가공기술, 금형기술," pp.16~80.
- (8) 기계설계 편집부, 1995. 2 "와이어 방전 가공기의 최근 경향과 가공 사례," pp.45~51.