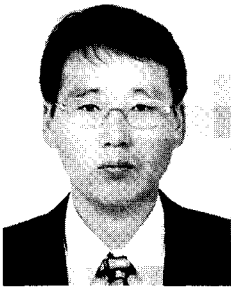


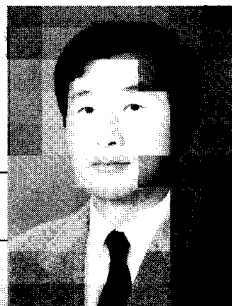
와이어 방전가공기용 동합금 전극선의 수요 및 개발 현황



정 윤 철

(KIMM 재료기술연구부)

- '84 - '91 동아대학교 금속공학과(학사)
- '91 - '92 일본 愛媛 대학교 재료공학과(연구생)
- '92 - '94 일본 愛媛 대학교 재료공학과(석사)
- '94 - '97 일본 愛媛 대학교 재료공학과(박사)
- '97 - 현재 한국기계연구원 객원연구원



김 창 주

(KIMM 재료기술연구부)

- '67 - '70 성균관대학교 금속공학과(학사)
- '73 - '76 서울기계공고 금속과 교사
- '76 - '78 연세대학교 산업대학원 재료공학과(석사)
- '78 - '79 포항제철 기술연구소 주임연구원
- '82 - '86 부산대학교 대학원 금속공학과(박사)
- '79 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

1. 서 론

방전가공(Electric Discharge Machining, EDM)이란 방전현상에 의해 발생하는 열에너지를 이용하는 가공법으로, 도전성 재료라면 일반적으로 절삭가공이 곤란한 켈칭강이나 초경합금 뿐만 아니라 다이아몬드나 세라믹 등과 같이 매우 경한 재료도 용이하게 가공할 수 있다. 1955년 구 소련에서 최초로 개발된 후 1960년대 CNC 부착 가공기가 출현하면서 특히 금형가공 분야에서 급속히 보급되어 왔다. 최근 와이어 방전가공 장치의 전원이나 테이블 이송기구의 개량 및 무인운전 등의 와이어 방전가공기의 급속한 기술발전에 따라 와이어 방전가공의 운전비 저하, 가공품질의 향상과 함께 전극선에 대한 방전 가공성의 향상 등 보다 우수한 특성의 전극선이 요구되고 있다. 또한 산업변화에 따라 전극선에 대한 수요자의 요구조건 역시 엄격하고 까다로워지고 있으며, 이러한 경향은 금후 더욱 고조될 것으로 생각된다. 이러한 시장의 요구로부터 전극선에 대한 연구개발과 용도확대의 중요성은 날로 인식되고 있다. 방전가공에는 형조 방전가공과 와이어 방전가공이 있지만, 본 보에서는 와이어 방전가공에 대해서만 살펴보기로 한다.

2. 와이어 방전가공과 응용 분야

2.1 와이어 방전가공이란

그림 1, 2 및 3은 와이어 방전가공의 가공원리

를 나타낸 것이다.

1) 절연물(가공액)을 매개로 하여 좁은 간격으로 대향한 전극선과 피가공물 사이에 고전압을 부가하여 펄스방전을 발생시킨다.

2) 방전에 의해 피가공물과 전극선의 표면에 작은 홈(crater)이 형성되어 이들 홈들의 누적에 의해 가공이 행해진다. 그림 2에 나타낸 바와 같이 방전부분에서는 가공흔과 가공액의 분해물인

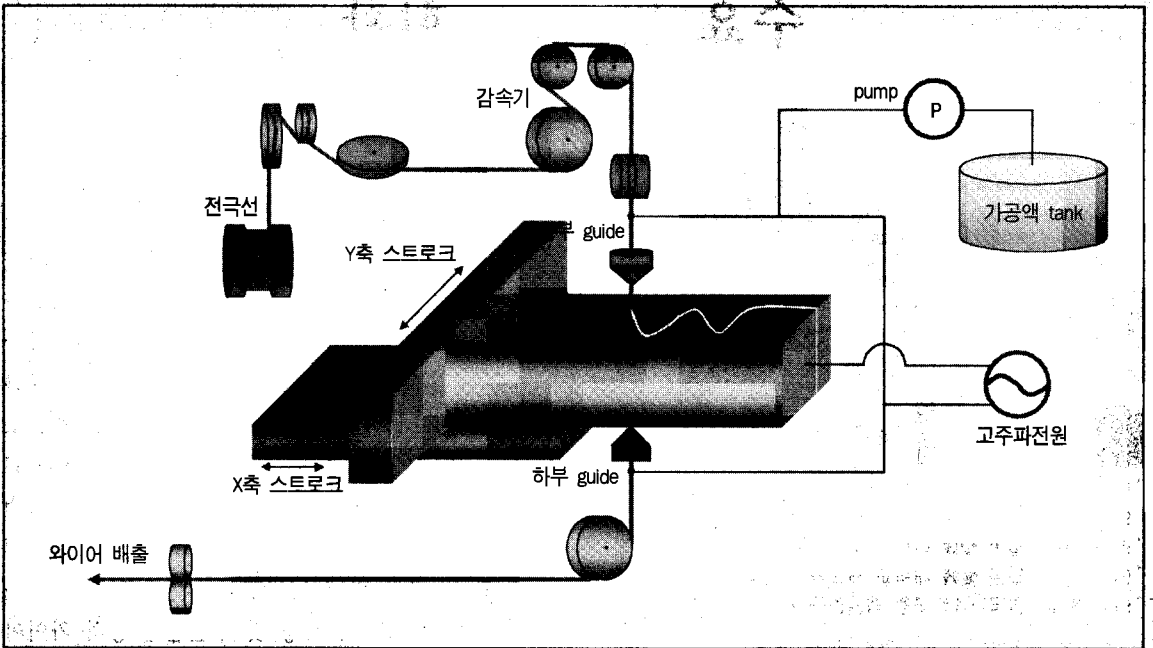


그림 1. 와이어 방전가공의 개략도

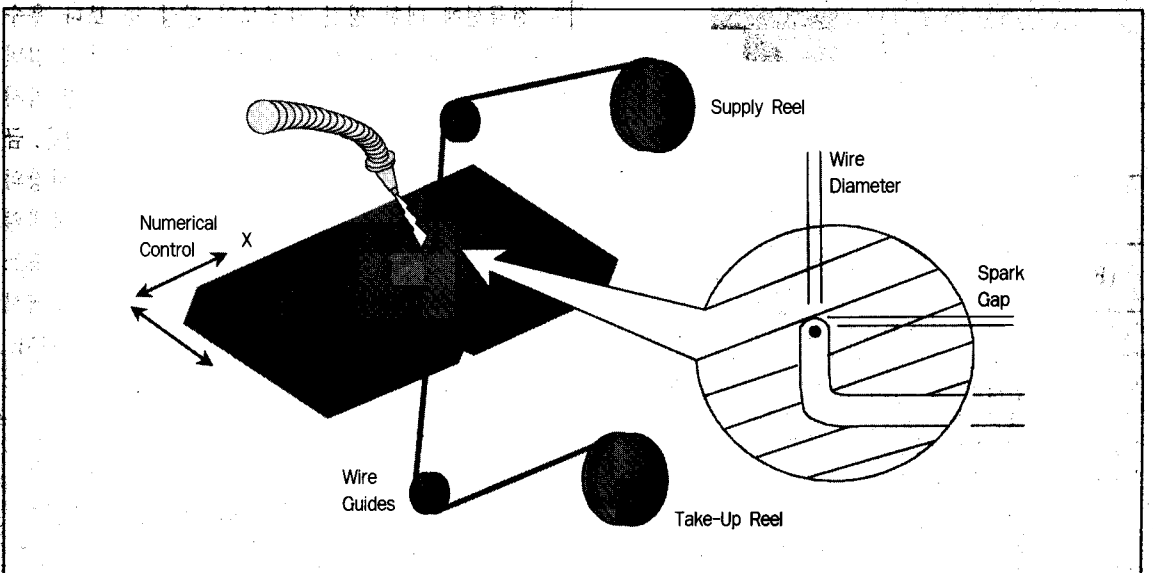


그림 2. 가공부의 확대도

가스 등이 발생하지만 이들은 가공부 상하로부터의 제트噴流, 가공시에 발생하는 전압, 전극선과 피가공물의 상대운동에 의해 틈 사이로부터 강제적으로 배출된다.

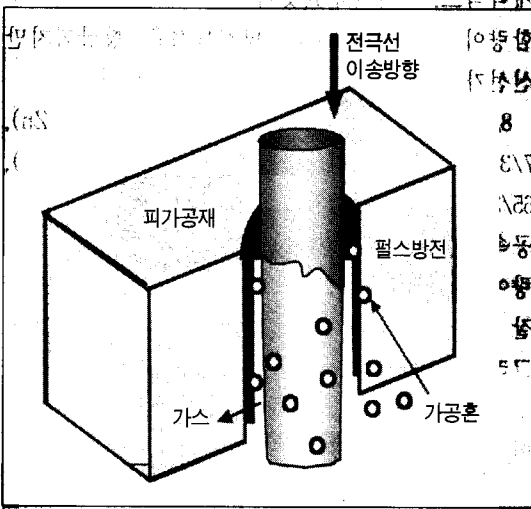


그림 3. 와이어 방전가공의 가공 메카니즘

2.2 와이어 방전가공의 응용 분야

방전가공 중에서도 와이어 방전가공은 1960년대에 개발된 이래 가공형상의 복잡화, 제작성 향상, 피가공물의 품질향상에 의해 그 응용범위가 확대되어 왔다. 더욱이 최근의 기계성능의 향상은 미세하고 복잡한 형상의 가공, 고속가공, 두꺼운 소재의 가공, 고정밀 가공, 인력단축을 가능하게 하여 응용범위는 한층 확대되고 있다. 다음은 응용분야의 예를 나타낸 것이다.

2.2.1 미세가공 분야

IC용 리드프레임이나 미세기어용 금형, 화학방직기의 노즐, 잉크젯 노즐 등의 가공이 좋은 예이다. 예를 들어 다핀 리드프레임(OPF 144, 외부 리드 피치=0.5mm, 내부 리드 피치=0.28mm)의 경우 내부 리드에서는 리드폭이 0.12mm이며 리드 간격은 0.14mm이다. 이 경우에는 애칭 가공법 보다는 리드 단면형상이 우수

한 펀칭가공이 사용되지만, 이 금형을 제조하는데 있어서는 종래의 연삭법 보다도 생산성이 월등히 우수한 0.10mm 이하의 전극선을 사용한 방전가공이 적용되고 있다. 최근의 정보화 사회를 지탱하고 있는 IC 리드프레임의 형상 정밀도, 피치의 요구 이외에도 마이크로 머신의 등장 등, 금후도 전기, 기계부품의 미세화, 집적화가 진행될 것으로 예상되므로 미세가공에 대한 요구는 보다 엄격화 되고 있다.

2.2.2 고속가공

이는 자동차, 전차, 산업기계 등의 제품에 사용되는 부품이 대표적인 예로서, 정밀가공 보다는 오히려 황삭가공이 중요시 된다. 단 부품가공에 있어서는 고속가공임과 동시에 금형가공과는 달리 복잡한 형상의 피가공재를 가공하는 경우가 많다.

2.2.3 두꺼운 소재의 가공

자동차 생산 등에 사용되는 커다란 금형가공이나 형조방전 가공용 전극선의 가공 등과 같이 두꺼운 물품의 가공에 적합하다. 최근에는 CAD/CAM의 진보에 따른 프로그램 실수의 감소와 와이어 방전가공기의 장시간 무인 운전기술의 진보에 따라 금형뿐만 아니라 커다란 부품의 가공도 행해지고 있다.

2.2.4 고정밀 가공

치수 정확도와 가공 완성면의 품질 및 조도(면조도)가 양호해야 하고 방전흔이 존재하지 않아야 하는 점이 요구되는 가공으로서, 플라스틱 성형용의 금형이 대표적인 예이다. 특히 가공면의 품질이 나쁜 경우는 탕의 유동성이 나쁜 뿐만 아니라 설계한 형상의 성형품을 얻을 수 없고 성형품을 빼는 것이 어려워지며 제품에 상처를 내는 등의 문제점이 있다. 그 중에서도 자동차 내장부품 등의 금형은 이러한 모든 문제들을 해결해야할 필요성이 있으므로 가공 후에 금형 표면을 연마하지만 가공 완성면의 품질이 나쁘

면 연마공정에 많은 시간을 소비하므로 가공 완성면의 품질이 중요시 된다.

2.2.5 인력단축

자동 결선기구와 가공 프로그램의 진보에 의해 동일 프로그램에서 장시간에 걸쳐 수 많은 가공을 용이하게 행할 수 있게 되었다. 또한 최근에는 장시간의 무인화에 대응하기 위해 최대 50kg 까지 권취할 수 있는 전극선 피더와 사용 후의 폐전극선을 절단하여 배출하는 기구도 개발되고 있다.

3. 와이어 방전가공의 동 및 동합금 전극선

3.1 종래의 기술과 문제점

와이어 방전가공에 사용되는 전극선은 개발 초기에는 주로 순동선이 사용되었지만, 순동선의 경우 인장강도가 H재(가공경화 한 것)에 있어서도 황동선의 O재(완전히 재결정 한 것 또는 소둔 한 것) 정도에 지나지 않을 정도로 낮아 방전 가공시의 장력을 크게 할 수 없다. 따라서 전극선의 진동을 억제하기 어려워 가공정밀도가 나쁠 뿐만 아니라 단선이 쉽고 Cu 자체의 방전가공성도 별로 좋지 않으며 가공속도가 느린 등 많은 결점이 있었다. 따라서 1980년경부터 가공속도의 향상을 위해 0.2mm ϕ 의 C2700(JIS) 황동 전극선(67~63%Cu-33~37%Zn의 Muntz metal 또는 65/35 황동)을 주로 사용하게 되었으며, 고정밀 가공 및 미세가공 등의 특수 용도에는 0.03~0.08mm ϕ 정도의 W, Mo 전극선이 사용되었다. 황동선의 H재의 인장강도는 1,000MPa 까지 가능하고 0.2mm ϕ 와이어에서는 장력을 1,000~1,200g으로 할 수가 있으며 또한 방전특성에 Zn이 중요한 역할을 담당하여 황동 중의 Zn량이 많을수록 가공속도가 향상된다. 이는 Zn이 기화 폭발력을 향상하고 피가공물 용융부를 효율적으로 제거함으로써 가공속도를 향상시키고 피가공물의 부착물 감소를 실현하기 때문이다.

로 제거함으로써 가공속도를 향상시키고 피가공물의 부착물 감소를 실현하기 때문이다.

그림 4와 5는 Zn량이 와이어의 가공성과 방전 특성에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 그림 4에 개략적으로 나타내었듯이 Cu-Zn 합금에서 Zn 함량이 증가함에 따라 방전특성은 향상되지만 신선가공은 어려워지는 것을 알 수 있다.

8/2 단동(C2400, 78.5~81.5%Cu-21.5~18.5%Zn), 7/3황동(C2600, 68.5~71.5%Cu-31.5~28.5%Zn), 65/35 황동(C2700, 67~63%Cu-33~37%Zn)의 가공속도는 Zn량이 증가함에 따라 커지며 또한 Zn량이 많을수록 서브전압을 작게할 수 있어 단락이 잘 일어나지 않는 것을 그림 5로부터 알 수 있다. 그러나 Zn량이 40%를 넘으면 bcc 구조의 취약하고 단단한 β 상이 생성하므로 냉간에서의 신선가공이 곤란하고 제조단가가 높아지게 된다.

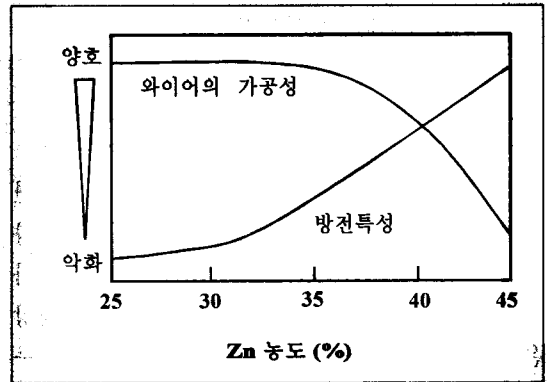


그림 4. Cu-Zn 합금의 Zn 농도에 따른 특성

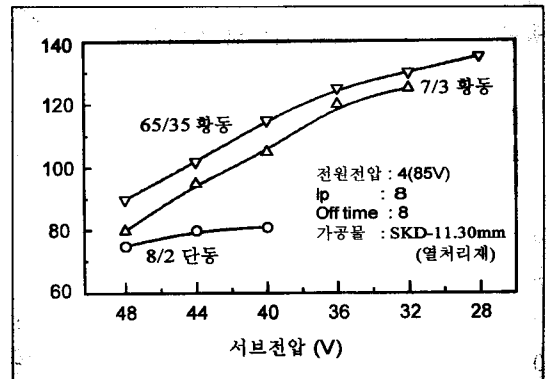


그림 5. 각종 황동 전극선에 대한 방전 가공속도

3.2 전극선에 요구되는 특성

전술한 바와 같이 넓은 분야에서 사용되는 와이어 방전가공의 고성능화에 대하여 공구인 전극선의 특성이 매우 중요함은 말할 필요도 없이 그 특성향상이 요구된다. 전극선에 요구되는 특성은 다음과 같다. 표 1은 전극선에 요구되는 특성과 그에 따른 개발방향을 나타낸 것이다.

(1) 미세가공용 극세선 전극선

미세가공용 극세선 전극선에는 와이어 단선방지, 치수 및 형상의 높은 정밀도가 요구된다. 또한 0.07mm ϕ 의 황동 전극선을 수동결선하는 것은 매우 어려우므로 자동결선의 높은 성공률이 요구된다.

(2) 고속가공용 전극선

고속가공에는 방전이너지가 크고 방전펄스 주파수가 큰 것이 유효하다. 방전의 증압에 따라 와이어의 변동도 커지므로 전극선은 단선 되기 쉬워지지만, 고강도의 전극선을 사용함으로써 와이어의 단선을 피할 수 있다. 그리고 가공속도가 크면 같은 시간 내에 많은 가공을 할 수 있으므로 능률이 향상된다.

(3) 두꺼운 소재가공용 전극선

두꺼운 소재가공용 전극선에는 가공면 방향의 치수변화의 감소가 요구되어 가공중의 와이어

장력이 높게 설정되므로 가공 중에 와이어의 단선이 발생하기 쉽지만 고강도의 전극선을 사용함으로써 와이어의 단선을 피할 수 있다.

(4) 고정밀 가공용 전극선

고정밀 가공용 전극선에는 완성 가공면의 면조도 향상, 가공흔 부착의 감소 및 방전흔이 없는 균일한 표면이 요구된다. 가공정밀도가 나쁘면 완성까지 많은 재가공 또는 후처리 공정이 필요하므로 생산단가를 높게 된다. 가공정도를 향상시키기 위해서는 직진성이 양호하고 커다란 장력을 걸 수 있어야 하며 또한 표면이 균일하고 안정한 방전이 이루어져야 한다.

(5) 작업성 및 직진성이 우수할 것

선의 직진성이 나쁘거나 굽히기 쉬운 재료는 가공기에 장착하는데 만도 많은 시간을 소비하게 된다. 또한 자동결선 장치의 실용화와 가동률 향상 및 무인화에 따라 전극선에 대한 직진성이 한층 요구되고 있다.

(6) 방전특성이 양호하고 고온에서의 강도가 높을 것

3.3 최근의 주요 연구 분야

3.3.1 합금원소 첨가에 의한 방전가공성 향상

가공속도 및 정밀도의 향상에는 전극선의 강

표 1. 전극선에 대한 요구특성과 개발방향

요구특성	분 야				개발 방향
	미세가공	고속가공	두꺼운 소재가공	고정밀 가공	
가공속도 향상	○	◎	○		높은 고온강도
형상 정밀도 향상	◎		○	○	양호한 방전 특성
방전흔 감소	○			◎	균일한 방전 특성
면조도 향상	○			◎	양호한 방전 특성
와이어 단선 감소	○	◎	◎	○	높은 고온강도
양호한 자동 결선성	○	○	○	○	우수한 직진성
저가	○	○	○	○	신선성 향상

도가 매우 중요하지만 방전특성에 있어서는 Zn 함량이 높아야만 한다. 그러나 그림 4와 5에서도 보았듯이 Zn 함량이 증가함에 따라 방전특성은 향상되지만, 40%Zn을 초과하면 경하고 취약한 β (bcc) 상이 생성하므로 소재의 신선가공이 곤란하다. 따라서 현재는 일반적으로 65/35 황동을 베이스로 하여 각종 원소를 첨가하여 강도를 상승시키고자 하는 연구가 활발하다.

Zn 함량이 많을 수록 방전특성이 양호하지만 실제로는 표면으로부터 수 μm 정도 까지의 부분이 방전특성에 커다란 영향을 미치며, 또한 동일한 황동선에 있어서도 그 제조방법에 따라 방전특성도 다르다는 것이 보고되고 있다. 첨가원소에 따라서는 표층부의 Zn 농도를 높게 하거나 또는 낮게 한다. 첨가원소로서는 Mn, Sn, Cr, Si 과 같이 표면에 산화 Zn층을 많이 생성할 것으로 생각되는 원소 혹은 Al과 같이 Cu 보다도 산화되기 쉽고 그 자신이 산화물을 표면에 많이 생성시키는 원소(Ti, Zr 등)들이 주로 선택된다. Furukawa 전기공업(주)가 65/35 황동에 0.2wt%의 각각의 원소를 첨가하여 0.2mm ϕ 의 전극선을 제작하여 가공실험을 행한 결과를 그림 7에 나타내었다.

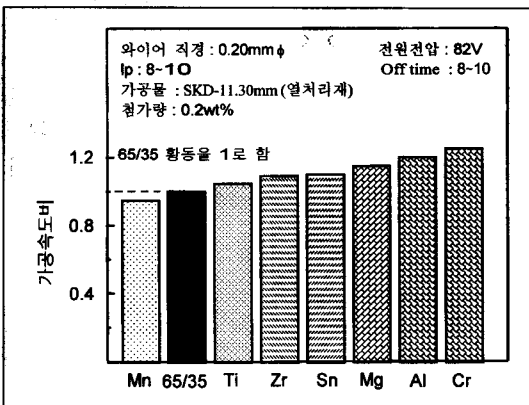


그림 6. 각각의 첨가원소가 방전가공 특성에 미치는 영향

이 그림에서 알 수 있듯이 Mn을 제외한 모든 전극선의 방전가공 속도는 65/35 황동선 보다 우수하며 특히 Mg, Al, Cr을 첨가한 전극선이

보다 우수한 결과를 나타낸다. 또한 이때 가공한 면의 Cu 부착량을 X선 micro-analyser를 이용하여 측정된 결과 Cu 부착량은 특히 와이어 측에 많이 붙는 경향이 있고, 그림 7은 각종 전극선으로 가공한 면의 와이어 측에 대해 조사한 결과이다. 부착물에 있어서도 이들 전극선은 종래의 65/35 황동선 보다 큰 폭으로 감소하였으며 특히 Mg, Al, Cr을 첨가한 전극선의 부착물은 적은 것을 알 수 있다.

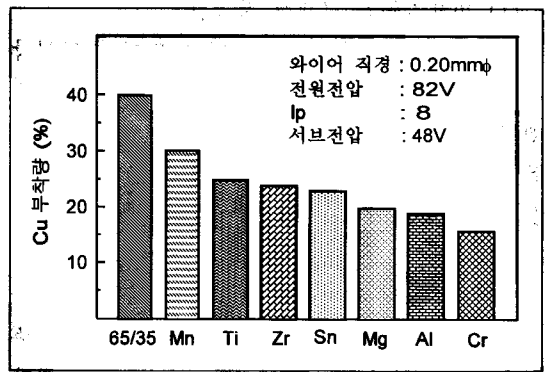


그림 7. 각각의 전극선에 대한 Cu 부착량

이들 전극선 중에서 방전특성이 종래의 65/35 황동선 보다 우수한 전극선에 대해 표면의 Auger전자 분광분석을 실시한 결과, 이들 전극선에서는 표면의 Zn 농도가 높게 나타났다. 한 예로서 Cr첨가 65/35 황동선에 대한 표면에서의 Auger전자 분광분석 결과를 그림 8에 나타내었다. Cr첨가 65/35 황동선의 표층부는 종래의 65/35 황동선 보다 Zn 농도가 매우 높게 나타났

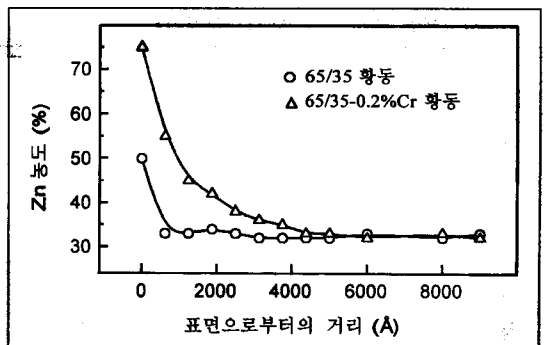


그림 8. Auger전자 분광분석

다. 이와 같이 합금원소의 첨가에 따라 표층부의 상태가 크게 변하며 그에 따라 방전특성도 향상 되는 것을 알 수 있다. Cr첨가 65/35 황동선 등이 부착물이 작은 것은 표면이 Zn 또는 Cr 등의 산화물로 덮여 부착에서 문제가 되는 Cu가 적기 때문인 것으로 생각된다.

3.3.2 Zn 피막에 의한 방전가공성 향상

(1) Zn 피막선의 특징

최근 와이어 방전가공기의 고속화와 고정도화에 따라 Zn 피막선이 주목되고 있다. Zn 피막선의 특징에 대해 간단히 살펴보기로 한다. Zn 피막선은 동, 황동 또는 동피막 강선 등의 심재에 Zn을 피막한 것으로, 그 원리에 대해서는 아직 명확히 밝혀져 있지 않지만 Zn의 방전특성이 좋고 Zn의 증발잠열에 의한 선의 냉각효과로 단선이 잘 발생되지 않으며 표면의 Zn 산화물이 단락방지에 유효한 등의 우수한 방전가공 특성을 나타내는 와이어이다. 그림 11에 나타낸 바와 같이 방전가공 속도는 65/35 황동선에 비해 커다란 값을 나타내며, 또한 부착물은 표면이 Zn으로 덮혀 Cu가 적으므로 매우 적게 되어 있다.

(2) Zn 피막두께와 특성

Zn 피막선에 있어서 Zn의 피막두께는 수 μm 에서 수십 μm 까지 다양한 것이 있다. 어느 정도의 두께가 좋은지는 가공재의 두께와 가공목적

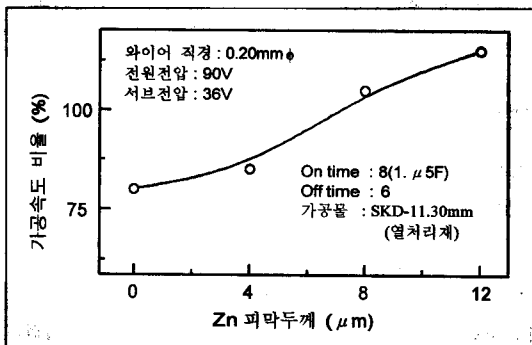


그림 9. 피막두께와 가공속도의 관계

등에도 의존하므로 한 마디로는 말할 수 없지만, 일반적으로는 두꺼울수록 심재가 보호되므로 단선되기 어렵고 가공전류를 크게 할 수 있다. 그림 9는 65/35 황동에 Zn을 피막했을 때의 피막두께와 가공속도의 관계를 나타낸 것으로, 가공속도의 향상을 위해서는 어느 정도의 피막두께가 필요하고 피막두께가 너무 얇으면 가공속도의 향상이 적음을 알 수 있다. 그러나 가공정밀도는 피막두께가 너무 두꺼우면 좋지 않다.

그림 10은 65/35 황동에 Zn을 피막했을 때의 피막두께와 가공홈 폭의 관계를 나타낸 것이다. 피막두께가 두꺼워지면 입선측의 홈폭에 비해 출선측의 홈폭이 매우 좁아진다. 이는 Zn이 소모되기 때문에 발생하는 것으로 생각되며 가공면이 테이퍼의 상태로 되어 있기 때문에 정밀도의 면에서는 문제가 있다고 생각된다. 이와 같이 Zn 피막두께는 너무 얇으면 가공속도의 향상이 적지만 반대로 두꺼운 경우에는 가공정밀도에 문제를 일으키는 것 같다. Zn 피막선을 사용할 때는 이러한 점들을 고려할 필요가 있다. 현재는 Zn 피막선의 이러한 문제점에 대해 가공정밀도를 해치지 않고 가공속도를 더욱 향상시키려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

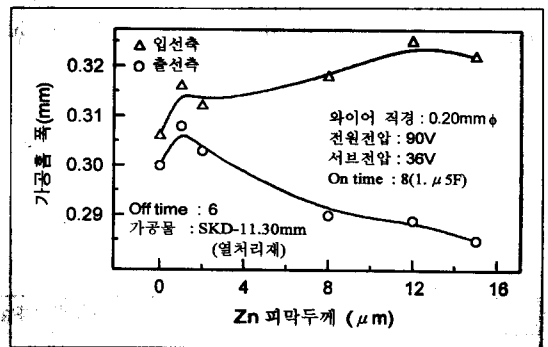


그림 10. 피막두께와 가공홈 폭의 관계

3.4 최근 개발품의 소개

3.4.1 Al 첨가 65/35 황동

古河(Furukawa) 전기공업(주)에서는 65/35

황동에 각종의 원소를 첨가하여 이들 첨가원소가 방전특성에 미치는 영향을 검토하였다. 그 결과 Al의 첨가가 매우 유효함을 발견하고 Al 첨가 65/35 황동(상품명: HS WIRE)을 개발하였다. 이 상품은 65/35 황동에 1% 정도의 Al을 첨가하여 강도를 향상시킨 것으로 그 특성은 표 2와 같다.

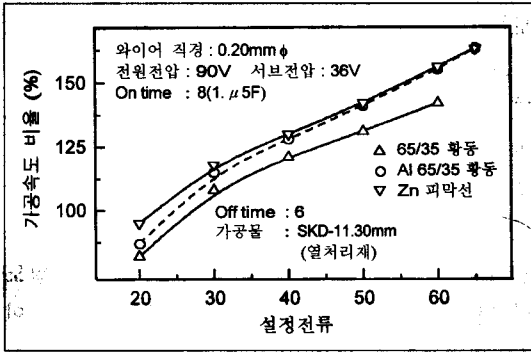


그림 11. Al 첨가 65/35 황동선(HS WIRE)의 가공속도

古河전기공업(주)의 특허 청구범위: 20~40wt%Zn과 (Al, Ga, Cr, Mn) 중에서 하나 또는 두 종류 이상을 합하여 0.1~5.0wt%이고 나머지는 Cu로 구성된 와이어 방전가공용 전극선.

65/35 황동에 비해 상온 인장강도가 20kgf/mm², 300°C에서의 고온 인장강도가 10~20kgf/mm² 정도 높고 방전가공시의 와이어 장력을 200~300g 높게 할 수 있다. 또한 방전가공 특성도 우수하며 방전가공 속도는 그림 5에 나타난 바와 같이 65/35 황동에 비해 높은 값을 나타내며 Zn 피막선과 동일 수준의 성능을 나타

표 2 65/35 황동과 HS WIRE의 특성 비교

종류	질별	인장강도 MPa	0.2% 내력 MPa	연신율 %	도전율 % IACS
65/35 황동	O	470	320	20	26.2
	H	1,080	990	0.5	21.6
HS WIRE	O	640	430	20	23.8
	H	1,170	1,050	0.5	21.4

도전율 %IACS(International Annealed Copper Standard): 이는 1913년경 시판된 순동의 전기전도도의 평균치를 100%로 하는 도전율이며, 20°C에서의 전기비저항이 $17.241 \times 10^{-3} \mu\Omega \cdot m$ 또는 $0.153280 \Omega / g \cdot m$ (밀도 $8.89g/cm^3$)일 때의 도전율을 100%로 한다. 참고로 순 Al의 도전율은 60%IACS이다.

낸다. 더욱이 가공한 면에 붙는 부착물(주로 Cu)이 적은 특징이 있고 고정밀 가공에도 적합한 것으로 보고하고 있다.

3.4.2 住友(Sumitomo) 전기공업(주)

미세가공, 두꺼운 소재 가공용 전극선(SS) 및 고속·고정밀 가공용 전극선(SG)를 개발하여 상품화 하였다.

(1) SS 전극선

이 전극선은 0.07~0.33mmφ 까지 신선한 극세선 전극선으로 특수 원소를 첨가하여 균일한 방전특성과 고온강도를 향상시켜 와이어 장력이 큰 미세·두꺼운 소재 가공 및 고강도 전극선으로 적용되고 있다. 표준 황동 전극선과 동일한 방전가공 조건에서 태고량(치수변화)을 크게 개선하였고 가공속도를 약 7% 이상 향상시켰다고 보고하고 있다(그림 12).

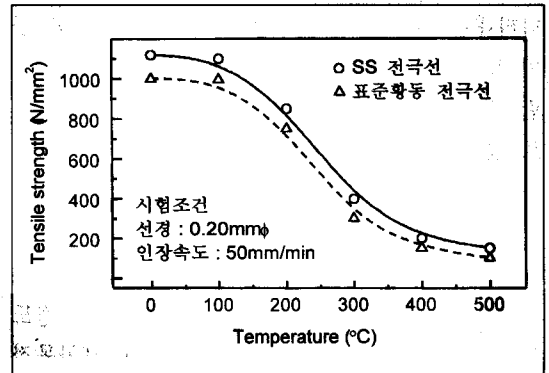


그림 12. 표준황동 전극선과 SS 전극선의 고온강도

(2) 고속·고정밀 가공용 전극선(SG)

이 전극선은 Sumitomo 전기공업 (주)의 최고급 제품으로, 이 전극선을 사용하는 가공에 있어서는 방전특성의 향상이 가장 중요하므로 Zn 농도를 높이고 이에 따른 고온강도의 감소는 특수 원소를 첨가함으로써 보충하여 0.10~0.33mm ϕ 의 고성능 전극선을 제품화 하였다. SG 전극선은 표준황동 전극선에 비해 도전율이 약 22% 높고 0.10mm ϕ 의 극세선 전극선으로서도 사용할 수 있음은 물론 극히 미세한 펄스방전에 의한 높은 효율의 방전특성을 나타낸다. 표준 황동 전극선과 동일한 방전가공 조건에서 태고량은 비슷하지만 가공속도는 약 16%, 가공면 조도는 약 10% 향상되어 고가의 Zn 코팅 복합 전극선에 필적할 만한 특성을 나타내는 것으로 보고 하였다(표 3).

표 3. 표준 황동전극선과 SG 전극선의 특성 비교

분 류	S G	표준 황동전극선
가공속도, mm/min	116	100
태고량, μ m	100	100
자동결선성	양호	양호
도전율, %IACS	27	22

4. 전극선의 개발방향과 기대효과

4.1 전극선의 개발방향

Cu-Zn 합금에 있어서 Zn 함량이 증가함에 따라 방전특성은 향상되지만 고온강도와 신선가공은 감소된다(그림 3). 그리고 Zn 함량이 증가하면 조직은 α 와 β 로 구성되는 2상 조직이 된다. β 상은 단단하고 취약하므로 신선가공시 단선의 원인이 되어 신선가공성을 감소시킨다. 따라서 고 Zn 황동선을 극세선까지 신선할 수 있는 기술개발이 필요하다. 또한 가공 중의 와이어 단선은 주로 가공흔 등에 의한 단락 또는 집중방전의 발생에 기인하는 것으로 생각되므로 0.10mm ϕ 이하의 극세선 전극선의 경우는 그 강도에 대해

가공의 방전에너지가 크기 때문에 단선되는 것으로 생각되고 있다. 따라서, 극세선 전극선으로 사용하기 위해서는 고온강도 및 도전을 향상이 와이어의 단선방지에 유효함과 동시에 안정된 미소펄스 방전도 실현할 수 있다. 이상과 같은 문제점들을 고려하여 아래와 같은 다른 방침을 세워야 한다.

(1) Cu-Zn 합금의 고온강도를 향상시키는 원소를 첨가하여 고온강도를 개선함으로써 태고량, 가공 중의 와이어 단선감소, 자동결선율, 코너의 정밀도를 향상해야 된다.

(2) Cu-Zn 합금의 Zn 함량을 증가시키고 동시에 고온강도의 감소를 억제하는 원소를 첨가하여 고온강도의 저하를 저지해야 된다.

(3) Zn 농도가 표면에서는 높고 중심에서는 낮은 2층 복합구조로 하여 방전성과 고온강도를 확보하여 완성면의 면조도와 가공흔의 배출성을 향상해야 된다.

(4) Zn 농도의 증가 또는 고온강도의 향상에 의한 신선가공성 감소를 방지하여 극세선 전극선이 가능하게 해야 된다.

4.2 전극선의 개발에 따른 기대 효과

(1) 높은 고온강도

와이어 장력을 크게 할 수 있고 치수변화를 감소할 수 있으며 치수정도를 높일 수 있는 가공을 할 수 있다(그림 13). 또한 가공전류를 크게 할 수 있고 고속가공이 가능하며 단선을 적게 할 수 있다.

(2) 양호한 방전성

매우 가는 펄스방전이 가능하여 부착물이 적고 고정밀 가공이 가능하며 높은 효율의 방전특성을 나타내므로 고속가공이 가능하다.

(3) 높은 도전율

와이어의 전기저항이 작아 가공전류 효율이

좋고 고속가공이 가능하며 전류에 의한 발열이 적으므로 단선 되기 어렵다.

(4) 양호한 표면품질

손상, 변색 등의 표면결함에 의한 단선을 방지할 수 있고 국부적인 방전을 방지하며 면조도의 저하를 방지할 수 있다.

(5) 우수한 직진성

우수한 자동결선성을 얻을 수 있다.

(6) 신선성 향상

생산비 증가를 막을 수 있다.

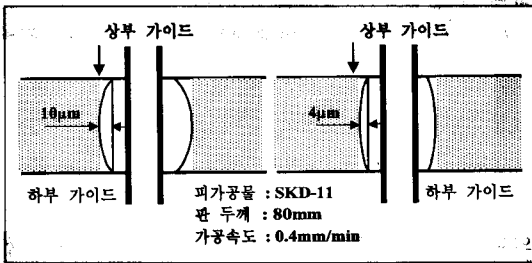


그림 13. 치수 변화량과 와이어 장력의 관계

4.3 전극선의 개발이 한국의 경제에 미치는 효과

표 4는 황동계 EDM 와이어의 선경별 부가가치 변화를 나타낸 것이다. 극세선 와이어일수록 그 가격차이는 매우 크다는 것을 알 수 있다. 세계시장에서 우리나라가 차지하는 비율은 아직 미미하고, 현재는 수입 의존도가 높지만 전극선의 개발이 한국의 경제와 무역수지 개선에 미치는 효과는 상당히 클 것으로 기대된다.

표 4. 황동계 EDM 와이어의 선경별 부가가치 변화

구 분	선경, mm ϕ				
	9.00	0.90	0.20	0.10	0.07
가격(원)/kg	3,000	4,000	7,000	40,000	150,000

5. 금후의 전망

이상으로 와이어 방전가공용 전극선의 최근의 기술동향에 대해 살펴보고 몇 가지의 제품을 소개하였다. 이들 특수 전극선은 그 특성을 활용하여 가공조건을 활용함으로써 와이어 방전가공에 있어서 피가공물의 고품질화, 고생산성에의 대응, 무인화, 에너지 절약에 크게 기여하고 있다. 또한 금후도 전극선에 대한 요구는 점점 고도화·다양화 될 것으로 생각되며, 가공공정이 간단하고 숙련공을 필요로 하지 않는 무인운전이 가능하므로 금후도 금형수요의 증가와 함께 커다란 성장률을 보일 것으로 예상된다. 특히 방전 안전성의 향상은 가공 정밀도와 무인운전 실현에 있어서 중요한 사항으로 현재 가장 널리 사용되고 있는 황동 전극선에 있어서도 반드시 충분하다고 할 수 없으므로 고성능 와이어 방전가공용 전극선의 개발도 보다 활발해질 것으로 기대되며 또한 계속적인 연구개발이 진행될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] 伸銅品データブック, 日本伸銅協會, 1998.
 [2] 伸銅技術研究會誌, 日本伸銅協會, 1998.
 [3] 와이야放電加工機用電極線, 尙 仁, 切茂尙夫, 金屬プレス, 1986, p. 55.
 [4] 高性能ワイヤ放電加工用電極線の開發, 住友電氣工業(株), 1998.